光学和光电子产业的主导刊物

激光世界

LaserFocusWorld® China

www.laserfocusworld.com.cn

2011年01月 第1期

ISSN: 1817-6917



市场观察

2010年光电子行业技术发展回顾 10

线宽只有13kHz的小型激光器 16

新型光纤制造方法助力光纤激光器发展 20

如何选择激光功率和能量计？ 34

应用天地

用紫外光学的方法进行薄膜加工和退火研究 22

为您的应用选择最佳激光打标方案 24

五轴联动激光金属成形技术及应用 26

塑料光学元件镀膜逐渐满足高端应用需求 29

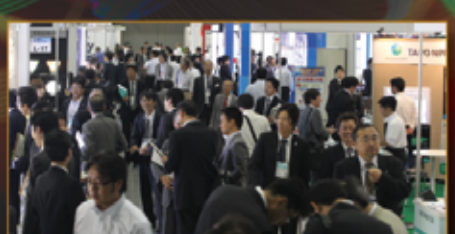
一场新型的 LED与照明盛会 登陆中国

Strategies in Light China

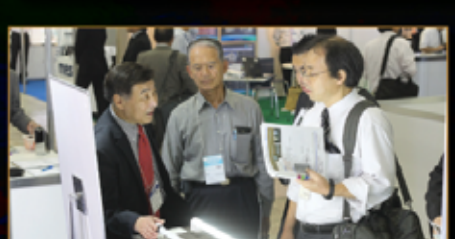
全球LED及照明产业的顶尖盛会

2011年5月10–12日
香港 · 九龙香格里拉酒店

www.sil-ledchina.com







这是一场为期两天的国际型会议暨展览会，
以商务和市场为导向，敬请参与！

会议由全球领先的LED与照明媒体集团主办。

即刻预订展位，争取最佳位置！

获取有关SIL China会议的参展或赞助信息，请联系：

美国（西部）
Tim Carli, Sales
+1 650 941 3438, x23
tcarli@strategies-u.com

美国（东部）
Mary Donnelly, Sales
+1 603 891 9398
maryd@pennwell.com

欧洲
Virginia Willis, Sales
+44 0 1992 656 663
virginiaw@pennwell.com

德国/奥地利
Holger Gerisch, Sales
+49 8801 302430
holgerg@pennwell.com

中国大陆
Michael Tsui, Sales
+86 755 259 88571 x1009
michaelT@actintl.com.hk

中国香港/亚洲
Mark Mak, Sales
+852 2838 6298
markm@actintl.com.hk

日本
Manami Konishi, Sales
+81 3321 93 641
konishi-manami@ics-inc.co.jp

新加坡/台湾地区
Michael Yee, Sales
+65 9616 8080
yfyee@singnet.com.sg

部分已签约参展商如下：
（请以网站更新为准）。

OPTIS · AIXTRON · APIC · INVENTRONICS · BERGQUIST · UL the standard in safety · LED ONE 英飞特光电

Owned and Produced by: PennWell

Flagship Media Sponsors: LEDs MAGAZINE · LEDs MAGAZINE 科技

Events: Strategies in Light · Strategies in Light Europe · LED JAPAN Conference & Expo Strategies in Light

Presented by: strategies unlimited

激 光 世 界
LaserFocusWorld® China

最新推出电子书(eMagazine)

laserfocusworld.com.cn



直接连结广告商网站 | 一点即开想看的文章 | 推荐朋友下载免费的电子书 | 申请成为免费印刷版或电子书的读者 | 上页、下页，放大/缩小文章



2-AXIS LASER BEAM DEFLECTION UNITS 两轴激光扫描振镜

Visit us at the
Laser China 2011
Shanghai, March 15 – 17, Hall E3, Booth 3200
慕尼黑上海激光，光电展
上海，2011年3月15-17日
E3展馆 3200展台

MINIMUM SIZE, MAXIMUM PERFORMANCE

The lightweight **MINISCAN** is designed with focus on compact laser systems. The speed and high accuracy of these units are as impressive as its form.

Innovative technology, precision and quality – that is what RAYLASE AG stands for. As a global market leader, it develops and produces ultra-modern components and subsystems for laser beam deflection, modulation and control. In addition to 2-axis laser beam deflection units and 3-axis laser beam subsystems which are setting new standards in engineering, we offer our customers the right software and control electronics to go with them, in a one-stop solution.

创新的技术、精度、品质 – 是RAYLASE的象征。作为全球市场的权威，我们开发和生产用于激光偏转、调制与控制的超现代化组件与子系统。除了设立工程新标准的两轴激光扫描振镜和三轴激光动态聚焦子系统产品外，我们还为客户提供一站式解决方案，即相应的软件与控制卡。

MINISCAN专为紧凑激光系统而设计，其高速度和高精度的性能与其外形一样引人注目。



- Lightweight design
- High speed and high accuracy
- Designed for compact systems
- Apertures 7, 10, 14 and 20 mm

- 令人眩目的轻巧设计
- 高速度，高精度
- 光纤激光器系统的理想选择
- 光束直径 07, 10, 14, 20毫米

RAYLASE AG
Argelsrieder Feld 7–4
82234 Wessling
Germany

瑞镭激光技术（深圳）有限公司
深圳市龙岗区横岗镇228工业区
前程路6号5楼
邮编：518115

RAYLASE

激光世界
LaserFocusWorld China
2011 年 1 月 第 1 期
www.laserfocusworld.com.cn

目录

市场观察

10 2010 年光电子行业技术发展回顾

技术中心

14 量子级联激光器：光学照射快速调制量子级联激光器
16 窄线宽激光器：线宽只有 13 kHz 的小型激光器
17 超快激光器：先进同步技术应用于新兴超快科学
20 光纤及预制棒制造：新型光纤制造方法助力光纤激光器发展

应用天地

22 准分子激光器：用紫外光学的方法进行薄膜加工和退火研究
24 激光打标：为您的应用选择最佳激光打标方案
26 激光金属成形：五轴联动激光金属成形技术及应用
29 光学镀膜：塑料光学元件镀膜逐渐满足高端应用需求
31 应用简讯：激光辅助分析助力地下深层矿物开采
32 高功率光纤激光器在深雕方面的应用
汉诺威激光中心研究太阳能吸收器焊接新方法

产品聚焦

34 激光功率和能量计：如何选择激光功率和能量计？

7 新闻简讯
38 新品展示
40 广告索引

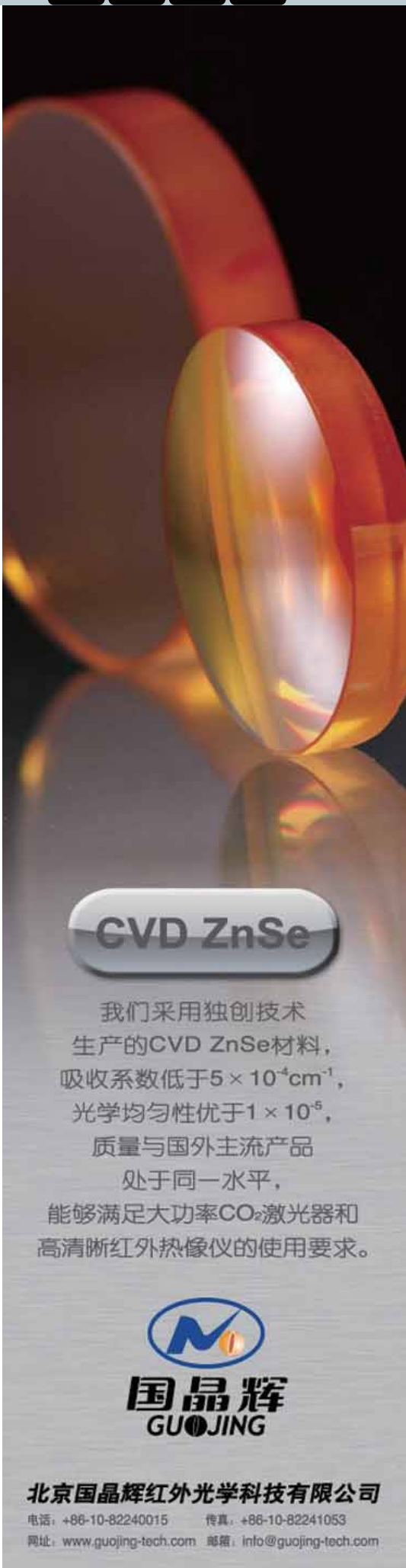


想要以最少的时间、最快的速度解决技术难题？
Safari 图书在线可以给你一个良好的成本效益方案。

详情请访问
http://safaribooks.actintl.com.hk

Safari Books Online

关于《激光世界》
《激光世界》（Laser Focus World China）创刊于 2005 年，双月刊，是美国光电行业权威杂志《Laser Focus World》（LFW）的中文版，秉承了 LFW 的高质量并为中国读者量身定做。《激光世界》从 LFW 中精选了目前行业中的热点内容进行翻译，同时也接受来自国内的投稿。主要栏目涉及研发简讯、产业新闻、深度技术报道、业界访谈、新品展示等。《激光世界》免费向专业人士赠阅，目前发行量为 8031 份。
请查询本刊专业网站：www.laserfocusworld.com.cn。



KLASTECH®
LASER TECHNOLOGIES

单频CW DPSS激光技术

固有的完美的SLM性能（<1MHz）
266nm, 442nm, 488nm, 532nm, 694.3nm, 1064nm
体积紧凑，热稳定性高



实现卓越仪器性能的完美之选

更多信息敬请登录：
www.klastech.com
国际 +49 (0)231 47730 648
中国请联系环球（香港）科技有限公司
+86-10-8528-3377

CONTENTS

激光世界 LaserFocusWorld China
Jan 2011 Issue 1
www.laserfocusworld.com.cn

Market Place

10 2010 annual photonics technology review

Technologies Center

14 **Quantum-Cascade Lasers:** Optical illumination modulates quantum-cascade laser

16 **Narrow-Linewidth Lasers:** Small resonator-stabilized laser has 13 kHz linewidth

17 **Ultrafast Lasers:** Advanced synchronization techniques enable novel ultrafast science

20 **Fiber & Preform Fabrication:** Novel fiber fabrication methods benefit fiber lasers

Applications

22 **Excimer Laser:** UV optical solutions for thin film processing and annealing research

24 **Laser marking:** Choose the best laser marker for your applications

26 **Laser metal forming:** Laser metal forming with five axes simultaneously

29 **Optical Coating:** Coatings for plastic optics step up to meet higher-end applicationse

31 **Application Notes:** Laser-aided analysis from deep underground for minerals

32 High-power fiber laser in deep carving applications
Lasers in the production of solar absorbers

Product Focus

34 **Laser Power and Energy Meters:** How to select a laser power and energy meter

7 News Breaks

38 New Products

40 Ad Index



About Laser Focus World China
Launched in 2005, Laser Focus World China (LFWC) Bimonthly is the Chinese version of the world famous Laser Focus World magazine, which circulating controlled-free to average of 8,031 professionals in the laser and optoelectronic industry. Providing in-depth, timely information on current developments within the global laser and optoelectronic industry for our readers in China, LFWC selects some hot topics from LFW and also covers the R&D and market information from China market. Please visit our relevant website, www.laserfocusworld.com.cn.

Laser Focus World China, ISSN 1817-6917 is published bi-monthly by ACT International, Unit 1011, 10/F., New Kowloon Plaza, 38 Tai Kok Tsui Road, Kowloon, Hong Kong, under the license of PennWell Corporation, 1421 S. Sheridan Road, Tulsa, OK 74112. Copyright 2010. All rights reserved. This publication contains article reprinted from Laser Focus World magazine. Laser Focus World is exclusively owned and published by PennWell Corporation. PennWell Corporation is not responsible in any way for the editorial policy and expressly disclaims responsibility for, and makes no warranties, express or implied, with respect to the content of this publication or the performance or reliability of products described herein that are products described by independent vendors.



参与海洋光学有奖调查
赢取精美钱包



作为微型光纤光谱仪的发明者，自1989年来海洋光学在全球已售出超过150000套光谱仪。我们是全球领先的光传感解决方案专家，提供的方案涵盖生物医学研究、环境检测、生命科学、科学教育以及娱乐照明等诸多方面。

为了感谢大家对海洋光学的支持，即日起至2011年2月15日推出海洋光学"光谱快讯"有奖调查活动。

十名幸运客户（随机抽取）将有机会获得价值500元的精美钱包一个。活动网址请登录：

www.oceanopticschina.cn/gogogo.asp

咨询电话：86-021-62956600

Email：Asiasales@oceanoptics.com

激光世界
LaserFocusWorld China

中国/香港特别行政区 **China / Hong Kong SAR**
电话 (852) 2838 6298
传真 (852) 2838 2766
地址 香港九龙长沙湾青山道478号 百欣大厦13楼B室
出版总监 麦协林 **Adonis Mak**
电邮 adonism@actintl.com.hk
社长及副总裁 麦协和 **Mark Mak**
电邮 markm@actintl.com.hk
中国区总经理 徐旭升 **Michael Tsui**
电邮 michaelt@actintl.com.hk
中国版主编 庞会荣 **Rossie Pang**
电邮 rossiep@actintl.com.hk

免费赠阅咨询
电话 (86) 755 2598 8571
传真 (86) 755 2598 8567
电邮 lfwc-subs@actintl.com.hk

特约编辑
In My View **Jeffrey Bairstow**
电邮 inmyview@yahoo.com
Industrial Lasers **David A. Belforte**
电话 (1) 508-347-9324
电邮 belforte@pennwell.com
Valerie Coffey
电话 (1) 978-263-4485
电邮 stellaredit@gmail.com
Photonic Frontiers **Jeff Hecht**
电话 617-965-3834
电邮 jeff@jeffhecht.com
Imaging **Conard Holton**
电话 (1) 603-891-9161
电邮 cholton@pennwell.com
Europe **D. Jason Palmer**
电话 (44) 7960 363308
电邮 djasonpalmer@gmail.com

尖端技术部市场总监 **Adrienne Adler**
美术编辑总监 **Suzanne Heiser**
高级绘图 **Chris Hipp**
制作经理 **Sheila Ward**
广告协调员 **Steve Archer**
客户开发经理 **Debbie Bouley**

PennWell

尖端技术部通讯与光电子分部
集团出版人 **Christine A. Shaw**
电话 (1) 603-891-9178
电邮 christines@pennwell.com
副出版人/总编辑 **Stephen G. Anderson**
电话 (1) 603-891-9320
电邮 stevega@pennwell.com
高级编辑 **John Wallace**
电话 (1) 603-891-9228
电邮 johnw@pennwell.com
高级编辑 **Gail Overton**
电话 (1) 603-305-4756
电邮 gailo@pennwell.com
管理编辑 **Carrie Meadows**
电话 (1) 603-891-9382
电邮 carriem@pennwell.com
执行助理 **Katherine McIntosh**
电话 (1) 603-891-9224
电邮 katherinem@pennwell.com

公司行政人员
主席 **Frank T. Lauinger**
总裁兼行政总监 **Robert F. Biolchini**
财务总监 **Mark Wilmoth**

尖端技术分部
高级副总裁/出版主任 **Christine A. Shaw**
读者服务主任 **Gloria S. Adams**

地址 Laser Focus World, 98 Spit Brook Road, LL-1, Nashua, NH 03062-5737
电话 (1) 603-891-0123
网址 www.laserfocusworld.com

ISSN 1817-6917
© 2011 版权所有 翻印必究

ACT LaserFocusWorld PennWell

编者的话 Editor's Notes

写在岁末年初

时光飞逝，又是一年的岁末年初。人们已经习惯在这个时候驻足回望来时路，光电子行业也是如此。

2010 年全球激光与光电子行业涌现出了很多有价值的技术创新。亚波长微腔激光器、暖白光 LED、识别痕量爆炸物的激光跟踪系统、全息扫描显微镜、直接绿光半导体激光器以及激光医疗等诸多技术，都在 2010 年获得了可喜的进展，这些技术创新也终将为人们的生产生活带来改善，值得一提的是，德国图宾根大学的科学家们为盲人患者带来了福音，他们已经通过在盲人患者的视网膜后植入光敏微型光电二极管阵列，让患者重见光明！本刊特别撷取了一些较为重要的技术发展，与读者共同分享。

2010 年初，《Laser Focus World》曾经较为乐观地预计 2010 年全球激光器市场将实现 11.1%的增长，销售额将达到 59.1 亿美元，期盼着 2010 年能赶走经济危机带来的阴霾。从最近《Laser Focus World》再次公布的激光行业年度市场回顾与展望的调研数据来看，2010 年确实算得上是温暖的一年。调查报告显示，2010 年全球激光器市场的销售额大约能达到 64 亿美元。另外，从 Rofin-Sinar、Coherent、JDSU 和 Newport 等业内领先激光器厂商近期的强劲销售趋势来看，预计 2010 全球激光器的销售收入将有望比 2009 年增长 27%，远远超出了年初的预期。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、越来越多的公司投资激光设备、以及目前激光制造、生命科学和消费产品等应用领域的发展趋势来看，预计 2011 年全球激光器市场仍将会继续复苏反弹之路。

市场上涌现出的几个潜在发展力量，包括半导体晶圆制造市场继 2007 年衰退之后的反弹和新兴消费产品的发展，对市场增长起到了一定的推动作用。此外，市场调研公司 Strategies Unlimited 指出，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。

一年一度的“慕尼黑上海激光、光电展”，2011 年又将于阳春三月在上海新国际博览中心如期而至。这个备受业内瞩目的重量级行业展会，将又一次云集业界领先的国内外厂商，特别是在行业发展势头向上的趋势下，又是在中国市场，相信今年的展会会更精彩。展会同期举行的为期三天的“第六届国际应用激光技术中国研讨会（LPC 2011）”，也是了解激光加工技术、光学元件以及激光技术目前的发展与未来趋势的好去处。

应用永远都是发展的重要环节。激光金属成形技术的发展，以及其在航空航天、钢铁、石油等领域日益广泛的应用以及赢得的用户认可，预示着这项技术未来广阔的发展潜力。光纤制造技术的发展，使得光纤激光器的性能进一步提升，也为光纤激光器开辟了更广泛的应用可能。温暖的 2010 年过后，我们共同期待着更好的 2011 年！❑

业界新闻

德国DILAS 宣布重组法国代理商

德国 DILAS 半导体激光有限公司宣布—从 2010 年 10 月 1 日起，德国 DILAS 生产的半导体激光器零件和系统由法国 ROFIN-Baasel 公司负责在法国销售和相关服务。ROFIN-Baasel 和 DILAS 在高功率系统领域已有多年的合作历史。

Christian Deverdum 博士将加入法国 ROFIN-Baasel 公司负责 DILAS 在法国的市场销售业务。Deverdum 博士是法国激光器市场领域的专家，有着非常丰富的行业经验，他的加入将使 DILAS 的客户持续受益。

科威晶大功率激光器打破国外垄断

武汉光谷科威晶激光技术有限公司生产的 4kW 大功率激光器今年销量突破 100 台，成为全球 7 家能批量产销大功率激光器的企业之一，这将打破国外公司对大功率激光器市场的长期垄断。

经过合资引进、消化、吸收之后，科威晶拥有完全自主知识产权的“ 紧凑型 4kW 轴快流二氧化碳激光器 ”，已入选国家重点新产品计划，今年销量有望达到 120 台，实现国产大功率激光器的批量化生产。

炬光科技参加第12届中国国际高新技术成果交易会

西安炬光科技有限公司成功参见第 12 届中国国际高新技术成果交易会，并展示了自主研发的全系列产品及技术，吸引了众多客户及投资商前来洽谈。

在国家发改委举办的“ 战略性新兴产业发展论坛及授牌大会 ”上，炬光科技被授予“ 加快培育和发展战略性新兴产业主题展览——优秀展示奖 ”，其 808nm 垂直叠阵等三款产品还获得了组委会颁发的“ 第十二届高交会优秀产品奖 ”。

大功率激光器应用分技术委员会成立

“ 大功率激光器应用分技术委员会 ”在武汉成立，委员会由 25 名委员组成，包括邓树森、左铁钏、闵大勇等业内资深人士，武汉华工激光工程有限责任公司为秘书处承担单位。

该委员会主要负责大功率激光器激光应用（激光加工设备除外）、辐射安全等领域的国家标准制修订工作，与国际电工委员会光辐射安全和激光设备技术委员会大功率激光器工作组（IEC/TC76/WG7）相关联。

2011慕尼黑上海激光、光电展再度如期而至

一年一度的慕尼黑上海激光、光电展将再度于 2011 年 3 月 15 日 - 17 日在上海新国际博览中心拉开帷幕。

作为行业内的一个重磅级展会，届时国内外主要厂商都将携其旗舰产品悉数亮相。此外，展会同期还将举办“ 第六届国际应用激光技术中国研讨会 ”，集中讨论激光加工技术、光学元件以及激光技术目前的进展情况与未来的发展趋势，以促进光电技术在科学研究和工业领域应用的合作及信息交流。

武汉锐科脉冲光纤激光器通过CE认证

武汉锐科生产的系列光纤激光器产品获得了倍科电子技术服务 (深圳) 有限公司颁发的 CE 认证证书，认证产品覆盖功率分别为 5W、10W 、15W、20W、25W 和 30W 的脉冲光纤激光器，这些产品的性能均符合欧盟检测标准。

通过了 CE 认证，标志着武汉锐科的光纤激光器已经取得了顺利进入欧盟及欧盟自由贸易协会国家市场的通行证，为其开拓欧洲市场奠定了坚实基础。

沈阳大陆激光再制造技术赢得客户青睐

近日，河北钢铁集团邯郸钢铁公司选定沈阳市大陆激光有限公司为其提供生产线维修服务。

沈阳大陆激光作为一家民营企业，之所以能赢得邯郸钢铁这样的大型企业的青睐，是因为其拥有自身的独门技术——激光再制造技术。采用该技术修复 30 吨优质钢材的轴承，只用原来 10% 的优质钢材，就可复原设备功能，并且使设备具有更长的使用寿命，进而帮助企业降低消耗、节省成本。

卡西欧携激光投影机进军国内市场

卡西欧公司宣布针对国内投影市场推四款激光 +LED 光源投影机，定位商教以及政府采购市场。这四款产品的上市将为中国投影市场带来全新变化。

从技术层面与制造成本考虑，LED 光源为投影机提供高亮度还存在很多困难。相比之下，“ 激光 +LED ”组成的混合光源，不仅节能环保、光源使用寿命长，而且投影机的制造成本并没有因此大幅提高，基本上解决了投影机光源亮度低、光源寿命短这两大难题。

新闻简讯 News Breaks

安光所“大气环境激光雷达监测系统”交付使用

安光所研制的第三代测污激光雷达“AML-3大气环境激光雷达监测系统”顺利通过验收，并交付中国环境科学研究院使用。

该系统是一台可移动大气环境质量监测系统，能监测大气边界层气溶胶、O_3、SO_2和NO_2的时空变化。系统配备的地面大气参数测量分析系统，能够同时测量近地面的O_3、SO_2、NO_2、温湿度、大气压力和风速风向等大气成分和气象参数，将为大气污染监测提供有力帮助。

岳阳大陆激光修复技术获用户好评

岳阳大陆激光技术公司凭借激光修复技术和专业精神，赢得了其客户海洋石油富岛有限公司的好评。目前，岳阳大陆激光已被众多用户誉为“中国动力设备维修专家、激光修复专家”。

岳阳大陆激光在技术覆盖从工件局部修复，到为石化、冶金、电力客户提供技术评估、故障分析、整机拆装、部件改进设计制造等多方位整体解决方案的服务。2010年7月，公司还组建了岳阳市激光再制造工程技术研究中心。

“齐鲁胎记激光治疗专家学术交流会”成功举办

“齐鲁胎记激光治疗专家学术交流会”近日在济南现代皮肤病医院成功举办，来自省内近百家三甲医院的与会代表，聚集一堂，交流激光治疗胎记的技术与临床使用经验。在济南现代皮肤病医院得到成功治愈的3位胎记患者，也登台发言，讲述了自己胎记治疗的真实经历。此外，还有患者现场接受了治疗。

此次交流会对于提升皮肤疾病激光治疗水平、普及激光治疗技术在临床的使用起到了极大推动作用。

中科院苏州医工所落成启用

总投资达7.8亿元的中科院苏州生物医学工程技术研究所，近日在苏州高新区科技城启用。在当天举行的科研成果推介会上，医工所集中推出了自主研发的25项最新成果，这些新成果主要集中在生物医学影像、激光诊断治疗、临床检验分析等三大领域。

据了解，这些高科技、小型化、低成本的医疗设备，将于两年内在苏州高新区实现产业化。

科研动态

英研发出新型非致命远程激光武器

针对当前发生在索马里海岸的多次大规模海盗劫持事件，英国航空航天系统公司研发出了一种新型激光武器，其能让海盗们在海上“失明”，进而陷入混乱。该武器针对移动目标的有效距离超过1英里。

这种激光武器适合安装在包括小游艇在内的各类船只上，可作用于多个目标。杀伤力方面，其设计时考虑到了目标打击范围以及届时空气状况，能够自动调整激光束的强度，以确保不造成不可挽回的人体损伤。

首台全自动胶囊激光打标机研制成功

首台全自动胶囊激光打标机近日在浙江省新昌县研制成功。这是我国制药领域的一项国际首创、填补国内空白的重大技术突破，解决了制药和胶囊生产企业长期使用油墨打印胶囊的难题。

这种激光打标机工艺精湛，视觉效果好，每小时可打印超过5万粒胶囊。与传统油墨印刷机相比，无需任何耗材，无毒副作用，不但为胶囊、药品生产企业节约了油墨等耗材成本，而且提高了食用安全性。

西班牙开发出标记蔬菜水果的激光标签技术

西班牙一家公司研发出了用激光在蔬菜水果表皮上刻标签的新技术，该技术像给蔬菜水果纹身一样，标刻内容可包括价格、商标和最迟销售日期等。与传统的纸质标签技术相比，该技术更环保。

目前该技术已在法国家乐福超市中使用。激光标签技术已进入日本，美国也打算引入该技术。但该技术的广泛应用还有赖于其精确性、合法性、消费者对该技术的认可以及使用成本等因素。

自主知识产权激光打印机即将上市

通用耗材制造商赛纳科技发布自主研发的首款激光打印机，此举标志着我国第一台自主知识产权的激光打印机正式上市，打破国外企业对打印机市场的垄断。

据悉，此次推出的激光打印机是专门针对政府机关、学校、企业和家庭的需求设计的，凭借产品特有的差异化功能和低成本耗材优势，在保护环境的同时能大大降低用户的打印成本，与一般激光打印机相比能将打印成本降低30%以上。

News Breaks 新闻简讯

我国深紫外自由电子激光实验或重要进展

上海深紫外自由电子激光装置经过多年的技术积累和努力，终于在高增益谐波产生模式下成功达到饱和。这使我国成为继美国之后第二个实现高增益谐波产生自由电子激光放大与饱和的国家，标志着我国在自由电子激光实验研究方面已经步入世界先列，也表明我国已基本掌握短波长外种子型自由电子激光的主要关键技术，为我国未来的 X 射线自由电子激光大科学装置的发展奠定了基础。

华中科技大学“全固态三波长激光眼底光凝设备”研制成功

华科技大学光电学院光电医疗仪器学术团队在武汉光电国家实验室基金的资助下，在“全固态三波长激光眼底光凝设备”研制工作中取得了阶段性结果。通过两年的研究攻关，将全固态 561nm 黄激光、532nm 绿激光以及 660nm 红激光初步研制成功，三种颜色的可见激光均已获得输出。研究人员表示，接下来他们将对其进一步改进，提高功率和稳定性，为其产业化打好坚实基础。

“双频双脉冲激光治疗输尿管结石的应用研究”通过专家鉴定

日前，南昌大学第二附属医院史子敏主任医师完成的“双频双脉冲激光在治疗输尿管结石中的应用研究”项目，通过专家鉴定。

本项目经输尿管镜下应用双频双脉冲激光治疗输尿管结石，观察其疗效、安全性，分析失败原因、并发症发生原因。该项研究碎石术碎石效率高、组织损伤小、并发症少、结石排净率高、住院时间短、恢复快，为临床治疗泌尿系结石提供了一种新的方法。

2010年全球激光器市场有望强劲反弹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。”



市场观察 Market Place

2010 年光电子行业技术发展回顾

在刚刚过去的2010年，光子学领域涌现出了诸多喜人的技术创新，本刊特别撷取了一些较为重要的技术发展，以飨读者。

John Wallace

波长尺度的光子学

光之所以在生产生活中如此有用，其中一个重要因素是其拥有较短的波长——其能够实现清晰的图像、超高速通信，在某些情况下还能实现紧凑的硬件。越来越多的光子器件正在更加深入地利用光的波长特性，将器件的物理结构尺寸从几个波长量级缩小到了亚波长量级。

电影《哈利•波特》中出现的隐身斗篷将不再是科幻。德国卡尔斯鲁厄理工学院和英国伦敦帝国学院的科学家们，已经制成了一种超材料隐身斗篷，并能在三维空间实现隐身。在此之前，隐身斗篷只能在二维空间实现隐身（见图 1）。[1] 利用激光光刻技术，研究人员创建了一个三维“ 木堆 ”(Woodpile) 结构的聚合物 / 空气光子晶体，具有定制的填充率，用这个光子晶体隐藏一个金反射物中的凸起（尽管这种斗篷听起来并不是非常有用，但是其与其他波长尺度的结构相结合时，则会变成一种有用的工具）。这种隐身斗篷之所以引发了业界的兴趣，是因为它能在一个非常大的非偏振光带宽（1.4~ 2.7μm）范围内实现隐身。

瑞士苏黎世联邦理工学院的研究人员研制出了亚波长微腔激光器。该激光器的谐振腔由两个半径为 10μm 的半圆形金电容构成，两个电容由一个 10μm 长的链环连接，作为感应器。实际上，他们是用共振电路代替了光学振荡器。这种方法实现了比以往任何电泵浦的微腔激光器

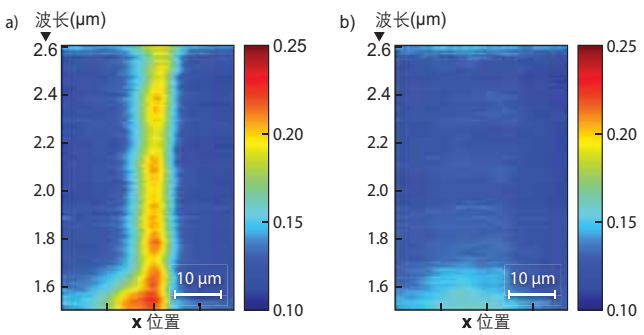


图1：在一个暗场成像中，金凸起是可见的（a）；3D隐形斗篷隐藏了金凸起（b）。在明场成像的情况下也能得到类似的结果。



都小的有效模式体积。激光器的量子级联增益区的厚度为 8μm，输出波长为 207μm。研究人员表示，未来这种激光器还有望实现更小的模式体积，并且能够在近红外区域实现输出。

市场对发射暖白光的 LED 的需求日趋旺盛，但是暖白光 LED 的发光效率要低于冷白光 LED。土耳其比尔肯特大学和新加坡南洋理工大学联合开发出了一种具有纳米晶体量子点（QD）荧光体的暖白光 LED，其发光效率要高于之前最好的暖白光荧光体。量子点具有一个硒化镉核心和一个涂有长链胺帽的硫化锌外壳，能发射绿光、黄光和橙光。将量子点与标准的氮化镓基蓝光 LED 集成，结果

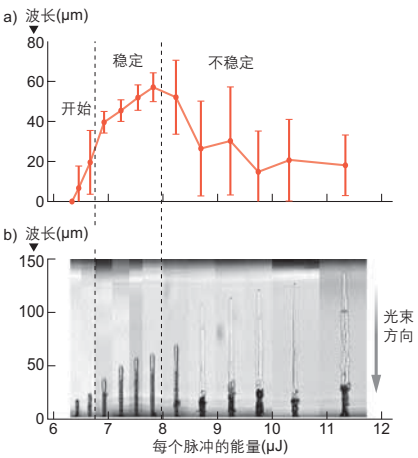


图2：由飞秒贝塞尔激光束在玻璃中加工的微通道长度（a）和形态（b），作为每个脉冲能量的函数被显示出来。

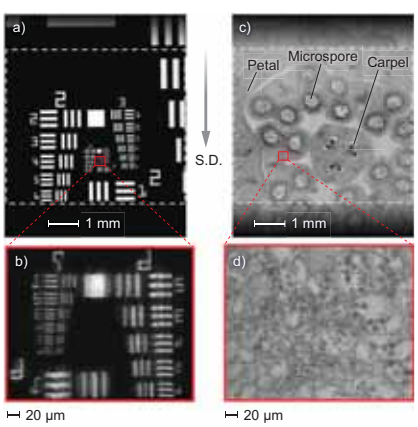


图3：全息扫描显微镜下显示的一个空军目标（a，b）和百合花粉囊（c，d）的图像，有效视场为6mm×5mm。b、d显示的是放大了的细部图像。

将会产生一个显色指数约为 90、色温低于 3000K 的光。量子点本身具有创纪录的发光效率，其值超过 350lm/W（该值是针对荧光体而非整个 LED）。

用光照射一个具有适当结构的表面，可以成为表面等离子体，即金属表面上电子的相干振荡，这为控制光提供了一种新方法。为了提高有机光伏电池的性能，美国利哈伊大学、中科院、清华大学和美国国家科学基金会的研究人员，已经设计并模拟了一个不受偏振影响的纳米结构表面，并具有排列着纳米孔的银激活层，其能支持短距离表面等离子体电磁极化模式。[2] 这种方法能将光伏电池的性能提高 39% ~112%。

让光工作

2010 年光子学领域取得了很多喜人的进展，尽管很多发展尚处于早期阶段，但这似乎并不能阻止未来它们被广泛应用的步伐。

相比于使用长脉冲或连续波激光器的微机械加工，飞秒激光微加工具有诸多优势：飞秒激光微加工能够分裂化学键，而不是溶化或蒸发物质，从而对周围物质产生的破坏性很小，并且能加工透明材料。飞秒激光加工通常使用的都是高斯光束，但是法国弗朗什孔泰大学和澳大利亚麦考瑞大学的研究人员却一直在使用贝塞尔光束。他们能够在玻璃中加工锥度自由的微通道，纵横比高达 40，直径小至 2μm（见图 2）。研究人员表示他们还能获得更好的结果，[3] 并指出，这种方法还能加工出直径 200nm 的纳米结构。

美国开发出了一种能够识别痕量爆炸物的激光跟踪系统，其能在 150 米远的距离处识别 TNT 炸药，信噪比可高达 70。[4] 该系统用一台可调谐 CO_2 激光器的输光照射潜在的可疑物品，进而明确判断出可疑物品中是否含有 TNT。目前，研究人员已经开发出了该检测系统的原型，测试结果表明，与目前使用的爆炸物检测技术相比，该检测系统的灵敏度要高出好几个数量级。使用一台输出相同波长的高功率、室温下可调谐的量子级联激光器，可以制成一台通过屏幕检查过往人流以及他们携带的物品中是否含有爆炸物和爆炸残留物的系统，这种系统将在机场安检中非常有用。

基于光纤的超连续光源，能够提供对光谱学、显微镜和光学测量非常有价值的单横模白光。英国南安普敦大学和印度中央玻璃与陶瓷研究所的科学家们，共同建立了一台由主振荡器功率放大器泵浦的超连续光源，其在 0.4 ~ 2.25μm 的波长范围内，产生了有史以来最高的平均功率（39W）。[5] 该光源使用一根长2米、纤芯直径4.4μm 的 PC 光纤，承受脉宽 21ps、重复频率为 114.8MHz 的输入脉冲。研究人员表示，如果使用一个光纤堵头的话，还能使用更短的光纤，以降低吸收损耗。

美国加州理工学院开发出了一种新型显微镜——全息扫描显微镜，其不但能大幅增加视场，同时还能保持较高的分辨率（见图 3）。它用一个 200 点 ×40 点的光斑网格照射样品，产生一个 6mm×5mm 的视场，并能在 2.5 秒内捕获所有的图像。照射光源的波长为 532nm，光斑尺寸为 0.74μm。全息扫描显微镜的用途包括数字病理学（显微镜载片被成像和数字化）、直接成像，以及血液或宫颈抹片检查（广泛的视场有助于疾病诊断）。

硅光致发光成像技术的发展，已经能够加速太阳能电池的检测。澳大利亚新南威尔士大学开发出的这项成像技术，目前正被太阳能电池制造商广为采用。该技术可用来检测硅砖块（240mm×15.6mm）、原切割晶圆（as-cut wafer）以及完全处理过的太阳能电池。该技术拥有非常快的成像速度：能以每小时 2400 片的速度扫描晶圆。该技术将有望用于光伏制造领域的联机监视，未来还有可能用于半导体及 LED 产业中。

光纤领域的发展

克莱姆森大学的研究人员报道了

半导体纤芯玻璃包层光纤的进展，这种光纤在红外电力输送和非线性光纤中将具有潜在用途。研究人员正在制备透明的一元（硅和锗）和二元（锑化铟）半导体纤芯光纤。最初，研究人员预测这些纤芯是非晶的，但事实上却是高度结晶和纯相的。光纤的拉制长度范围从数米到 200 米。由于硅中的拉曼增益要比二氧化硅中的高出 10^4 倍以上，因此硅芯光纤在 3~5μm 的光谱区域作为拉曼放大器非常有用——这个区域包含与通常用来制造大规模杀伤性武器的化学品有关的吸收线。

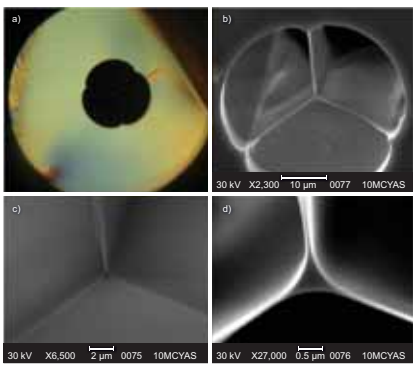


图4：纤芯直径为480nm的悬浮芯光纤，在光学显微镜（a）和不同放大率的扫描电子显微镜下所呈现出的图像（b-d）。

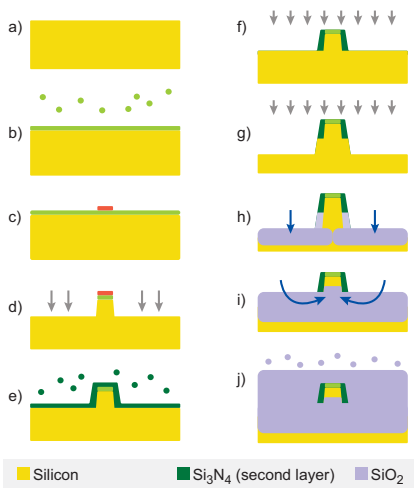


图5：用湿法氧化将一个硅波导从硅基底隔离：a）氧化之前； b）氧化1小时后；c）氧化6小时后；d）氧化后9小时后。

悬浮芯光纤是在一个较大的充气区域内有一个小型固体芯，如果该纤芯足够小，就可成为一根悬浮的纳米线，这开启了有趣的非线性光学效应的大门。日本丰田工业大学的科学家利用一种气压膨胀技术，制造出了一种悬浮的铅硅酸盐玻璃纤芯的纳米光纤，其多孔区和纤芯的直径比至少为 62，纤芯直径为 480nm，长度达几百米（见图 4）。该光纤在 1557nm 处的光学损耗为 8±2dB/m，当用 1557nm 的飞秒激光器对其泵浦时，能实现单模的三次谐波产生（THG）。

在光纤通信领域，正在设计各种系统，这些系统不仅用于对光信号的幅度编码，而且还用于对其相位编码，以达到更高的数据传输速率。但这样一来，非线性相位噪声便成为了性能的一个主要限制（而这在之前并不是什么问题）。对此，英国南安普敦大学、瑞典查默斯理工大学、爱尔兰大学、丹麦 OFS 公司、爱尔兰 Eblana Photonics 公司及希腊雅典大学的研究人员，已经率先开发出了一款实用的全光再生器，用于消除来自编码的光信号的相位噪声与幅度噪声。研究人员表示，该装置充分利用了相敏放大器的相位压缩技术，运行速率为 40Gbit/s，并有潜力运行于更高的速率。

有望变革现有技术的创新

麻省理工学院和密歇根大学联合开发出了一台微环激光器，由来自非相干光到相干光的一个级联能量转移泵浦，未来还将开发能用太阳光泵浦的版本，这意味着微环激光器可以作为一个发光太阳能收集器（LSC），用于太阳能电池中。与现有的非相干 LSC 相比，微环激光器作为 LSC 的一大优势是：光能够沿着同一方向传输到太阳能电池，而不会在各个方位发生散射而导致部分光损失，这是因为激光具有单向性。

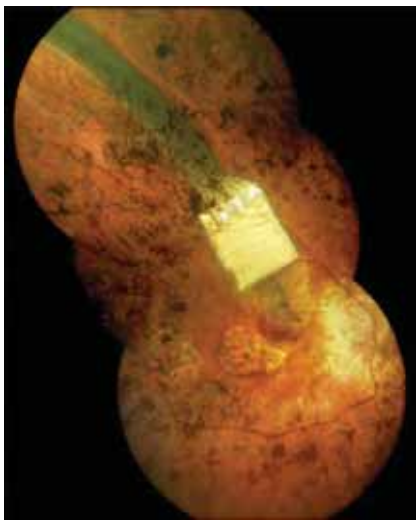


图6：在盲人患者的视网膜下植入微型光电二极管阵列，能让患者重见光明。

加拿大的研究人员已经开发出了首款超快光子高阶复杂场时间积分器，该设备有望成为未来全光计算机电路和存储器的关键组成部分。该积分器（大约运行在 535nm 波长）基于一个普通的光纤布拉格光栅设计而成，用于创建任意阶光子无源时间积分器。研究人员表示，该积分器可用于一种模拟模式，以实时求解任意阶微分方程。

对于实用集成光子学非常关键的一项开发中，美国康奈尔大学的研究人员已经建立了一种制造集成光子器件的方法，其将用普通的掩模和氧化技术实现一种完全与 CMOS 兼容的体硅方法，从而有望取代传统的复杂的硅绝缘体方法。这个过程可以在一个标准的 CMOS 生产线上付诸实践。在这项技术中，硅波导是由氧化创建的（见图 5）。研究人员表示，当计算机制造行业出现电子产品无法满足他们对功率和带宽的需求时，光子学器件会为他们提供解决方案。未来，将

会有更多的电子公司在他们的晶圆生产线中集成这些处理。

全彩色（红、绿、蓝）激光微型投影机是手机制造商的梦想。但是，如果激光微型投影机的成本一直居高不下的话，那么其走向实用只能是一纸空谈。用直接绿光半导体激光器取代倍频绿光激光器，能大幅降低激光微型投影机的成本。Microvision 公司宣布，他们已经将来自两家领先生产商的绿光半导体激光器整合到了其微型投影机原型中。虽然 Microvision 并没有说明其使用的绿光半导体激光器是哪些公司生产的，但是我们从相关的报道中了解到，目前市场上有五家生产直接绿光半导体激光器的公司：欧司朗、原 Kaai（即现在的 Soraa）、Nichia、Rohm 和 Sumitomo。目前市场上的直接绿光半导体激光器的输出波长范围为 510~520nm、输出功率可达到 50mW。

另一家提供全二极管激光器的全彩色微型投影机模块原型的厂商是日本 Explay 公司。该公司表示，其提供的模块具有 852×480 的像素分辨率和 14lm 的亮度，能将图像投影到 20~200cm 远的地方。模块的体积为 7cm^3，厚度为 7mm。

Soraa 公司已经在开发商用的直接绿光和蓝光半导体激光器方面取得快速进展，该公司业务开发副总裁 Paul Rudy 表示：“ 在绿光区域，我们已经演示了 520~525nm 的单模激光器，大约具有 2%的插入效率（WPE）和超过 60mW 的连续波输出功率。在蓝光波段，我们已经演示了插入效率超过 23%的单模激光器，输出功率为 750mW，预计其使用寿命为 1 万小时。绿光激光器的使用寿命正在测试中，目前得到的结果也非常乐观。”

德国图宾根大学的科学家们为盲人患者带来了福音。他们已经在盲人患者的视网膜后植入了一个光敏的微型光电二极管阵列（见图 6）。[6] 该阵列通过患者的眼睛晶状体接收光，并刺激视网膜细胞，进而产生一个分辨率为 38×40 像素的图像。这项技术已经使三位盲人能找到摆放在桌子上的物体。一位已经失明多年的患者，已经能识别出刀叉以及各种水果，并且还能阅读较大的文字。

另外，中国南京东南大学国家重点实验室成功地利用超材料创造了一个“ 电磁黑洞 ”，并模拟了微波频段的电磁黑洞实验，结果表明，电磁黑洞能够全向捕捉电磁波，引导电磁波螺旋式地行进，直至被黑洞吸收。在微波频段，黑洞对电磁波的吸收率可达到 99% 以上。微波频段的实验也验证了普渡大学科学家提出的“ 光学黑洞 ”理论方案。这一新研究构建了吸收电磁波的全新方法，同时又可以控制电磁波的吸收辐射。由于对电磁波的高效吸收性，电磁黑洞可望在电磁隐身等方面获得重要应用。❑

参考文献：

1. T. Ergin et al., Sciencexpress.org, 10.1126/science.1186351 (Mar. 18, 2010).
2. W. Bai et al., Opt. Exp., 18, 104 (Nov. 8, 2010).
3. M.K. Bhuyan et al., Appl. Phys. Lett., 97, 081102 (2010).
4. A. Mukherjee et al., Appl. Opt., 49, 11 (April 10, 2010).
5. K.K. Chen et al., Opt. Exp., 18, 6 (Mar. 15, 2010).
6. E. Zrenner et al., Proc. Royal Society B, published online before print Nov. 3, 2010, doi: 10.1098/rspb.2010.1747.

EXPERT 系列
紫外激光器



EXPERT355，355nm(300mw-3w)



EXPERT532,532nm(1w-5w)

高品质・高可靠・高性价比

工业级高品质固体激光器提供商

主要特性：

1. 直注式双模优化控制技术(DIPMOC), 结构坚固紧凑；
2. 优越的光束质量(M^2<1.3), 在所有频率范围内都严格保证；
3. 在线刷新谐波控制技术(ORHAC)，超长时间的功率稳定性；
4. 全数字智能电源控制技术，可通过RS232外部控制激光器；
5. 工业化产品流程生产控制技术，产品质量稳定可靠。

欢迎到我们公司展位参观：
慕尼黑上海激光、光电子展
2011年3月15-17日 上海新国际博览中心
展位号码：E4馆#4351





RFH LASER 瑞丰恒激光

深圳市瑞丰恒科技发展有限公司

Add: 深圳市南山区高新技术产业区中区M-10二楼
Tel: 0755-86375012,18928466502,86375016
Fax: 0755-86028961
E-mail: sales@rfhlasertech.com

http://www.rfhlasertech.com

技术中心 Technologies Center

量子级联激光器

光学照射快速调制量子级联激光器

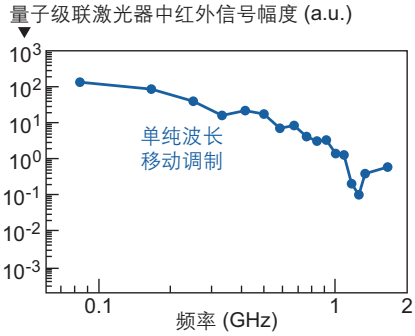
Gail Overton

由于中红外量子级联激光器具有激光亚带并联以及单极性的特性，因此对其发射波长（光频）进行快速调制并非易事。尽管自加热可以导致波长红移，但由于其热时间常数为微秒量级，因此不能用于高速调制。然而幸运的是，美国斯蒂文斯理工学院（Stevens Institute of Technology）、重庆大学和加拿大国家研究委员会的研究人员利用一束近红外飞秒激光照射中红外波段量子级联激光器的前晶面，从而实现了一种通过光学手段对其进行快速波长调制的方法。[1] 这种方法可以实现高达 1.67GHz 的波长调制频率，从而使得量子级联激光器在环境传感和自由空间光通信应用方面更加具有吸引力。

光学调制

将一束超快钛蓝宝石激光与量子级联激光器的前晶面法线成 30 °角入射（并将其聚焦至前晶面上形成 20μm 大小的光斑），研究人员实现了对一台标准中红外量子级联激光器的波长调制。波长为 820nm 的钛宝石激光的脉冲持续时间为 100fs，重复频率为 83.3MHz。从调制的角度讲，100fs 的脉冲序列充当了一个频率范围起始值为基频 83.3MHz、上至其高次谐波频率约 10THz 的宽带调制频率源。

研究人员使用的量子级联激光器是一台标准的 35 周期型铟铝砷 / 铟镓砷（$In_{0.52}Al_{0.48}As/In_{0.53}Ga_{0.47}As$）法布里 - 珀罗量子级联激光器，其中心波长为 7.6μm，中心区域厚度为 2μm，晶面



图：利用钛宝蓝石飞秒激光照射一台标准中红外量子级联激光器的前晶面，实现了对该量子级联激光器高达1.67GHz的光学调制。1.2GHz处的凹陷是由热沉温度波动引起的。

未镀膜，安装在一块铜质热沉上。该量子级联激光器在 400mA 下工作于连续波模式。

研究人员利用一束平均功率为 2mW 的脉冲钛蓝宝石激光照射中红外量子级联激光器的前晶面，首先实现了重复频率为 83.3MHz 的幅度调制。接下来，他们把一块锗标准具放置在中红外量子级联激光器两块硒化锌透镜之间的准直光路上，从而将附加的波长调制转化为幅度调制。当标准具被旋转到合适的位置时，它能使幅度调制量提高 7 倍多，即从 1.56mV 提高到 11.38mV（等效光功率为 7.5μW）。由于标准具起到了窄带通滤波器的作用，因此这种调制增强只能是由发射波长展宽或者真正的波长移动引起的。

波长移动的证明

为了直接证明他们观察到的调制增强是由于波长移动（真正的波长调制）引起的，研究人员改变钛蓝宝石激光的入射功率（分别为 0.5mW、1.0mW、1.5mW 和 2.0mW），并对相应的量子级联激光器的连续谱及其 83.3MHz 调制谱进行了比较。根据这些数据，研究人员作出了波长偏移量随入射功率水平之间的变化图，结果表明：调制系数与近红外光功率之间具有线性关系。也就是说，尽管被调制光谱的幅值不同，但连续谱的宽度保持恒定，从而证明了他们观察到的调制源于波长移动，而不是激光发射的展宽。

该研究小组将这种波长移动归因于两种可能的机制。其一，由近红外钛宝石激光照射在量子级联激光器中形成的光生自由载流子引起折射率减小，这有效地减小了激光腔的光学长度，并导致了发射波长的蓝移。其二，光生热载流子的热化使得量子级联激光器接近前晶面的部分发射波长变短，从而实现了非常高的调制速度。研究人员对被调制量子级联激光器的测量结果表明调制速率可高达 1.67GHz（如图）。

研究人员表示：“通过在电学幅度调制的基础上辅以光学照射来实现直接频率调制的方法，开创了全新的调制可能。现在我们可以选择数据怎样被传输，并且可以获得像卫星链路那样高质量和可靠的数据传输——这仅仅需要带宽更宽。同时，这种调制技术还可能为相干控制和激光器调谐提供一种全新的方法。”❑

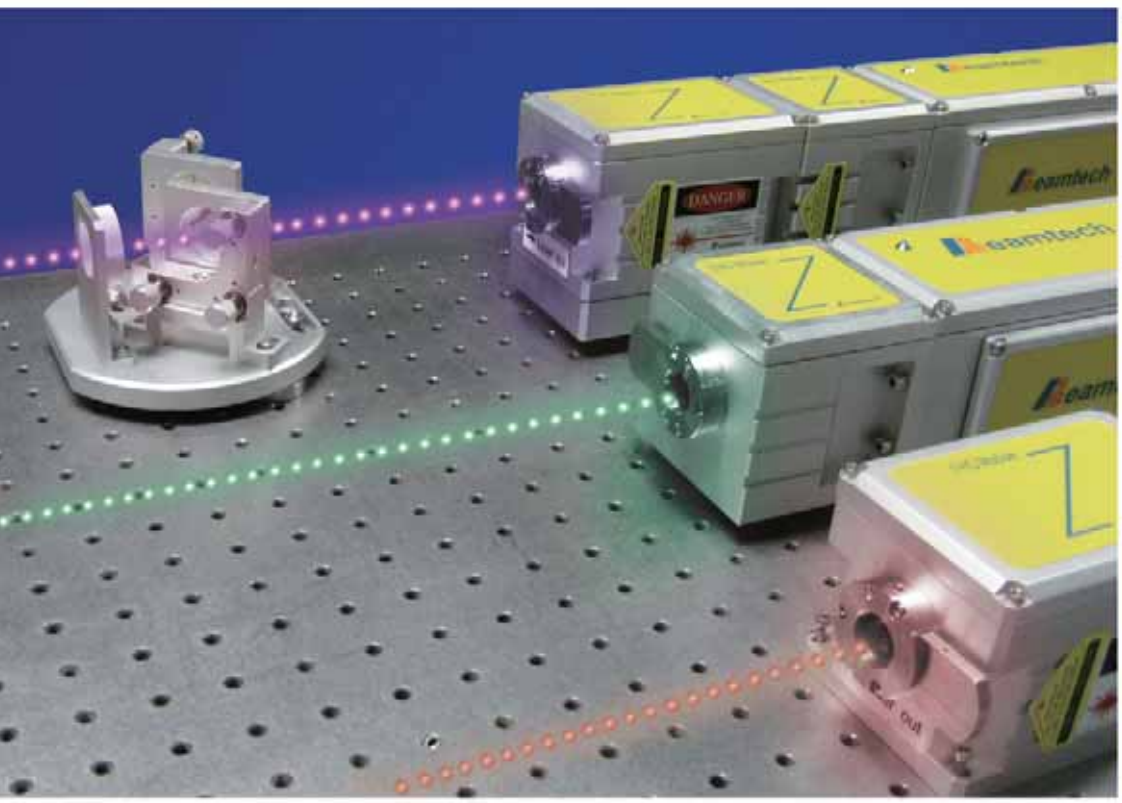
参考文献：

1. G. Chen et al., Appl. Phys. Lett., 97, 011102 (July 2010)

Beamtech®
Innovative & Cooperative

体积小巧，可靠稳定的脉冲Nd:YAG激光器

——镭宝光电Dawa系列





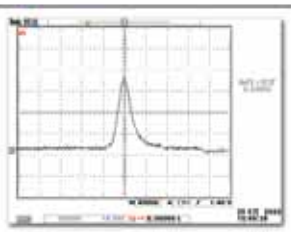




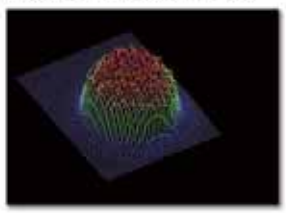
镭宝光电技术有限公司的脉冲Q开关Nd:YAG激光器产品线，机型丰富多样，能量从10mJ到22J，重复频率从1Hz到1KHz，波长1064nm，532nm，355nm，266nm，这些机型可以适合激光雷达(LIDAR)，激光诱导荧光(LIF)，激光脉冲沉积(PLD)，LIBS，激光清洗，激光冲击强化，激光与物质相互作用等等应用，用户总能在这其中找到一款适合您应用的商品化的激光器产品。

Dawa系列电光调Q开关Nd:YAG激光器，具有体积小，结构紧凑，坚固耐用，工程化程度高的特点，适用于激光雷达(LIDAR)，激光光谱(Spectroscopy)，激光诱导解析光谱(LIBS)，激光修补，飞行时间质谱(TOF)，激光诱导荧光(LIF)等应用领域，其关键性能指标如下：

- 输出能量：10mJ ~ 350 mJ
- 重复频率：10Hz，20Hz，30Hz，50Hz
- 优异的光束质量：均匀近平顶分布光斑
- 稳定的脉冲波形：脉宽6ns，脉冲波形平滑、稳定，稳定度≤ ± 0.5ns
- 高能量稳定性：≤3%
- 高工程化指标，平均无故障工作时间3000小时
- 高可靠性，维护简便，适用于外场环境，齐备的外控接口，便于用户系统集成。



高稳定脉冲波形设计更有利于LIDAR、LIBS的应用结果。



激光近场平顶分布，有利于应用对激光光束质量的要求。

镭宝光电技术有限公司
北京市昌平区北七家宏福创业园
科技综合楼四层
电 话: 010-84945016/17/18/19
传 真: 010-84945020
邮 箱: sales@beamtech-laser.com
网 址: www.beamtech-laser.com

技术中心 Technologies Center

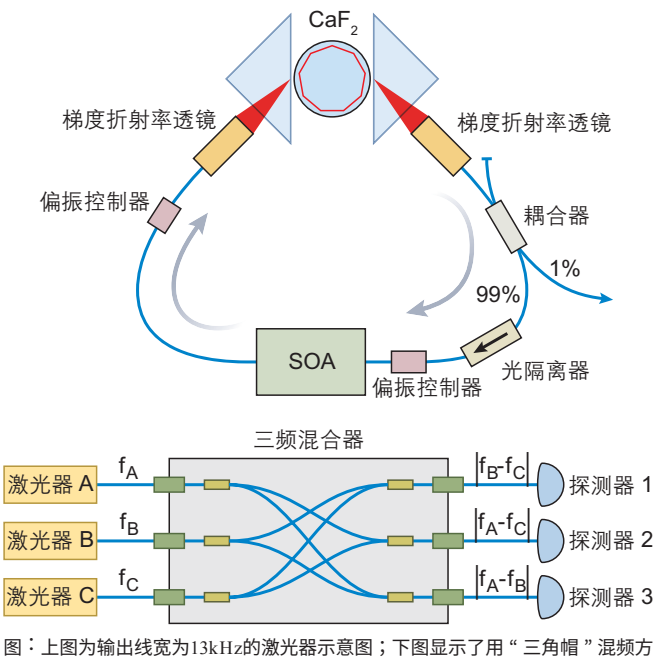
窄线宽激光器

线宽只有 13 kHz 的小型激光器

John Wallace

线宽在千赫兹范围内的激光器在光谱和计量（例如长度和频率标定）领域具有十分重要的应用。德国马克斯普朗克研究所的研究人员发明出了一种线宽只有13kHz、结构简单紧凑的激光器，[1] 该款激光器以小回音壁模式（WGM）谐振腔为基础，其材料是氟化钙（CaF_2）晶体。当 CaF_2 晶体形成一个盘片时，WGM 具有很高的 Q 值（Q 值是衡量谐振腔损耗的参数，高 Q 值意味着较小的损耗）。

该款激光器由一个光纤环和其他插入该光纤环的光学组件组成（如图）。半导体光放大器（SOA）提供激光增益，其输出宽带发射光谱的吸收峰在 1560nm 附近。SOA 位于两个偏振控制器之间，光隔离器可确保激光单向产生。光纤耦合器将 1% 的循环功率通过光纤耦合输出。



图：上图为输出线宽为13kHz的激光器示意图；下图显示了用“三角帽”混频方法测量激光器的线宽。

谐振腔

该激光器的核心是 WGM 谐振腔和耦合棱镜。研究人员首先将直径为 5mm 的光学谐振腔定制抛光。激光通过两个棱镜耦合进入和离开该谐振腔。两个棱镜放置在靠近（但不接触）谐振腔的两端，控制少量光从一个棱镜耦合进入谐振腔，然后从谐振腔耦合出后进入另外一个棱镜。激光通过梯度折射率（GRIN）透镜耦合进入棱镜，同时激光从棱镜耦合出后通过梯度折射率透镜进入耦合器。控制棱镜的排列可以控制激光器单模运行，由于激光模式竞争效应，激光器自动选择输出波长在 1560nm 附近的模式。

谐振腔的无源线宽为 15MHz（无源线宽只是谐振腔的特征参数，而不是激光的实际线宽），Q 值高达 10^7。该谐振腔安装在一个热电冷却器上控制其温度。当 SOA 的泵浦电流为 600mA 时，激光器的输出功率为 10μW。

三角帽方法

研究人员选择两种不同的方法测量激光线宽。首先，他们采用一种称为‘三角帽’的测量方法。在该方法中，三个不同的光源相互拍频，产生三个线宽。除了氟化钙谐振腔激光器外，还有输出波长为 1550nm、线宽为 100kHz 的二极管激光器和定制的光栅稳定的激光器。这三个激光器的输出相互拍频。Allen- 方差分析表明，氟化钙谐振腔激光器在 10μs 时稳定性达到最高值，同时相位白噪声在更短时间内较高，随机频率离走在较长的时间尺度增加。研究结果表明在 10μs 时，激光线宽为 2kHz。

第二种测量方法采用延迟线的自拍频外差探测确定长期线宽。激光通过声光调制器后分成两部分，其中一部分光频移 100MHz 后通过 45km 的光纤延时线。随后两部分光自拍频后测得线宽为 18kHz，其内在高斯线宽为 13kHz。

研究人员计划采用具有更高 Q 值的谐振腔进一步将线宽减少到几百赫兹。采用掺铒光纤激光器代替 SOA，可以使输出波长变为 1530nm。❑

参考文献：

1. B. Sprenger et al., Opt. Lett., 35, 17, 2870 (Sept. 1, 2010).

超快激光器

先进同步技术应用于新兴超快科学

减小超快振荡系统的时间抖动是成功实现泵浦-探测光谱学的关键。最近，两台独立振荡器之间的同步技术被应用于高能放大系统，将两个放大器之间的同步抖动降至200fs以下。

Ian Read，Newport公司Spectra-Physics激光器部门高级产品经理
Kevin O'Keefe，牛津大学Clarendon实验室高级研究员

时间分辨光谱技术被科学家们广泛用于探测亚纳秒时间尺度的各种过程。在过去的 20 年间，该技术发展迅猛，使其对更高端仪器的需要也从未止步。在某些情况下，这些技术进步首先是在理论上被预言，随后实验学家们就焦急地等待着新仪器的出现，从而使他们能探索新的研究领域。超快激光科学就是一个很好的例子。自从激光器问世以来，科学家们就一直在致力于改进这一独特的光源，以产生更多的波长、更高的能量以及更短的脉冲。现在，激光器已经可以发射皮秒和飞秒脉冲。超快激光科学推动了现代化学、物理以及生物学的显著发展。[1-3]

目前，现代时间分辨光谱学最常用的技术是泵浦 - 探测光谱学。采用不同的实验架构，它可以测量对应于分子性质（例如二维红外拉曼）、半导体物理（例如载流子动力学）以及材料科学的瞬态过程。[4] 该技术需要两束光脉冲在时间以及空间重合。通常第一个（泵浦）脉冲能量较高，可以在样品中产生瞬态效应，然后第二个（探测）脉冲对样品进行探测。瞬态过程的时间演化，通过顺序改变泵浦脉冲和探测脉冲之间的相对延迟进行探测。时间分辨率完全由探测脉冲的脉宽决定。在最简单的实验中，泵浦脉冲和探测脉冲由一束激光分束得到。这种单色结构具有若干优点，因为单个脉冲消除了时间抖动带来的问题。当需要两束激光（例如双色实验，或者从单束激光无法获得足够的能量）时，这就需要同步两束激光以减小脉冲间的时间抖动，以对实验的总体测量精度进行优化。

目前市场上已经有多种技术可用于减小超快振荡系统的时间抖动。它们通常需要将光振荡器以及参考振荡器之间的电信号进行比较。通过精密调节谐振腔的长度，可以将振荡器之间的信号差别减至最小，以实现谐振腔输出与参考信号之间的匹配。这种方法能成功地将两台独立振荡器之间的时间抖动减小到 200fs 以下。相干反斯托克斯拉曼散射（CARS）成像等技术都是利用这种架构发展而来的。许多实验室采用该技术同步自由电子激光器以及同步加速器实验。这种方法在可靠性、可重复性以及价格方面都具有一定优势，但是其仅适用于低能振荡器。最近，业界对这种同步技术进行了扩展，从而使其适用于高能放大激光系统。

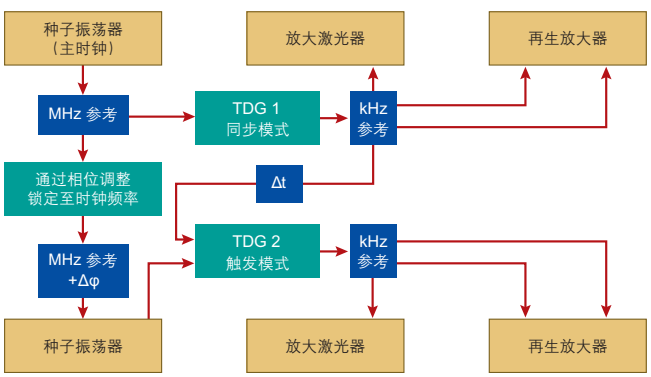


图1：光谱物理公司的先进同步装置示意图。两个再生放大系统同步精度达到200fs。通过对种子振荡器进行相位调整，可以产生0~12.5ns的延迟，并且不需要光学延迟。

超快放大器的同步

经典的高能超快激光系统通常采用啁啾脉冲放大（CPA）将超快低能（nJ）振荡器脉冲放大到更高能量（mJ）。在放大前对振荡器脉冲进行展宽，可以避免高能脉冲导致的光损伤。由于飞秒脉冲的带宽很宽（约 10~60nm），通常用光栅将脉冲展宽到几百皮秒，然后通过再生放大器对展宽脉冲进行放大，最后将 mJ 级高能皮秒脉冲压缩到最初的脉宽。

啁啾脉冲放大过程需要若干激光系统同步运转，这些系统包括产生超短脉冲的

种子激光器、泵浦放大级的放大泵浦激光器以及放大器。同步这些器件的传统方法是：采用一个模拟电子模块控制放大器开关（Pockels 盒）。这些开关以及放大激光器之间实现同步，而种子激光器则工作在自由运转模式下。尽管这种同步方法已经能够满足多种应用的需求，但是当需要高精度测量时，这种方法就不能胜任了。由于种子激光器和放大激光器重复频率之间存在不匹配，导致放大系统的同步也随着这种不匹配而变化。对于 80MHz 的种子振荡器而言，总的系统同步不确定性的上限是 12.5ns。为了克服这一极限，放大器系统的每个器件都必须同步。更高级的数字同步模块，例如光谱物理公司的同步延迟发生器（TDG），不但能提高精度，而且还能同步多个放大系统。

数字同步

在过去的几年中，业界已经开发出了能够提高 CPA 激光系统总的同步能力的数字设备。数字电子器件能够确保开关电子器件的同步是由种子激光器控制的。将种子激光器输出的 80MHz 信号降至 1kHz，可以将额外的放大系统同步至一个或多个种子激光器，同步精度小于 200fs（见图 1）。如果采用两个种子激光器，每个放大器脉冲的相对到达时间可在 t=0 至 t=t_{max} 之间调节，t_{max} 是种子激光器的脉冲间隔。这种调节是通过对种子激光到达时间进行电子相位调节实现的。同步电子器件（TDG1、TDG2）控制其他的放大器。实际上，很多实验方法都能从该技术中受益，该技术在“通过准相位匹配（QPM）实现高次谐波产生（HHG）”中的应用，就是一个很好的例子。

高次谐波产生

采用飞秒脉冲产生高次谐波，其转换效率非常低。对于 100eV 的光子能量，转换效率通常只在 10^{-6} 量级，而当光子能量达到 1keV 时，转换效率将会降至 10^{-15} 量级。导致如此低的转换效率的原因之一是：驱动激光与谐波光束之间的相速度不同。这将导致产生的每个谐波光束的强度随传输距离振荡变化，振荡周期是 $2L_c$，其中 L_c=$\pi/\Delta k$。L_c 是相干长度，Δk 是波矢量失配。为了克服这个问题，谐波产生必须满足相位匹配条件 Δk =0。通过平衡气体填充空心波导中的不同色散源，可以使高达 100eV 光子能量的高次谐波产生过程实现相位匹配。然而，当高于某一特定电离阈值时，这种方法就不再可能平衡由于电离过程中形成的等离子体引起的负色散，因此需要采用其他的相位匹配方式。

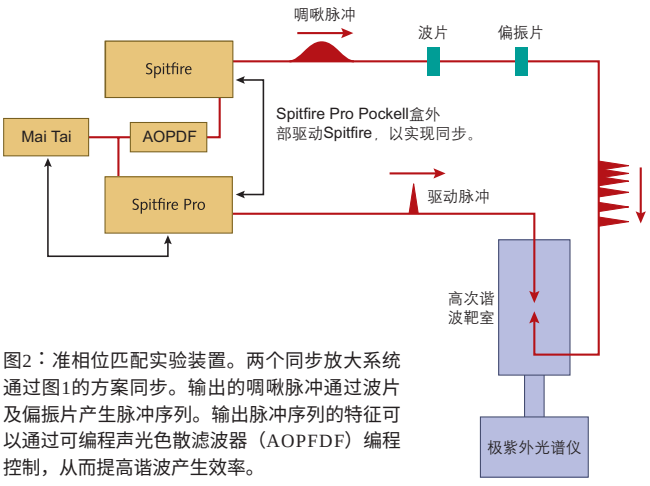


图2：准相位匹配实验装置。两个同步放大系统通过图1的方案同步。输出的啁啾脉冲通过波片及偏振片产生脉冲序列。输出脉冲序列的特征可以通过可编程声光色散滤波器（AOPFDF）编程控制，从而提高谐波产生效率。

准相位匹配是提高高次谐波产生效率的一种可行途径。准相位匹配主要用于抑制那些与谐波光束不同相的高次谐波。如果高次谐波可以在 N 个这种不同相的区域被抑制，那么高次谐波的总强度将会提高 N^2 倍，从而能极大地提高该光源的效率。利用反向传输的飞秒激光脉冲序列可以实现这种效率的提高。在脉冲序列准相位匹配中，谐波产生在驱动激光脉冲与反向传输脉冲重合的区域被抑制。这一相互作用改变了光电离的电子的轨迹。目前，仅包含几个脉冲的脉冲序列已被用于该技术中。为了获得最有效的准相位匹配，需要产生大量高能反向传输脉冲，并且对它们的相对时间间隔进行控制。

在最简单的实验结构中，可以将单个放大器输出的高能脉冲分为两路。第一路不进行任何处理，直接产生高次谐波。第二路光产生反向传输脉冲序列。该脉冲序列通过对飞秒脉冲引入线性啁啾获得。此后，啁啾脉冲先后通过双折射波片（该波片与入射光偏振方向夹角为 45 °），以及平行于入射光偏振方向的线偏振片。波片 / 线偏振片组合对所有相位延迟为 π /2 的奇数倍的波长进行衰减，而相位延迟为 2π 的整数倍的波长可以无损耗地通过。这样就可以获得脉冲间隔为常数、并且由双折射片厚度决定的脉冲序列。最近，业界演示了该技术的一个拓展，在这里脉冲间隔可以通过计算机控制。[5]

优化脉冲序列以提升高次谐波产生效率

这种产生间隔变化的脉冲序列的技术对于准相位匹配更具吸引力，因为它可以使脉冲间隔更好地匹配波导

中谐波的相干长度。[6] 长度可以根据波导中局域条件改变。要在多个相干区域实现准相位匹配，必须产生大量的高能脉冲，使得脉冲序列中的每个脉冲都可以抑制谐波产生，并且脉冲间隔能够控制，以获得非线性间隔的脉冲序列。这些脉冲序列的可编程控制是一大优点，因为这可以方便地合成最合适的脉冲序列，以实现特定谐波的准相位匹配。

要实现这种控制，首先要求驱动脉冲和反向传输脉冲来自两个不同的放大器，并且放大器要完全同步（见图 2）。在该装置中，第一个放大器输出的驱动脉冲在传输过程中未经处理。来自第二个放大器的反向传输脉冲，通过脉冲整形器进行控制。这可以获得间隔可变的脉冲序列，从而通过准相位匹配优化高次谐波产生。

在该实验中，放大器脉冲的同步对于准相位匹配至关重要，因为对于每一发激光脉冲，驱动脉冲和反向传输脉冲必须要在波导中的相同点碰撞。光谱物理公司的同步延迟产生器能够提供可靠的同步方案，获得两个放大器之间 200fs 的同步精度，并且无需额外成本。❑

参考文献：

1. A.H. Zewail, Femtochemistry: Ultrafast Dynamics of the Chemical Bond, World Scientific Series in 20th Century Chemistry, Vol. 3, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore (1994).
2. Y. Silberberg, "Ultrafast Physics: Quantum Control with a Twist," Nature, 430, 624-625 (Aug. 5, 2004).
3. W. Denk, J.H. Strickler, W.W. Webb, "Two-photon laser scanning microscope," Science, 248, 73-76 (1990).
4. C. Weiman; T.W. Hänsch, Phys. Rev. Lett., 36, 1170 (1976).
5. K. O'Keefe, T. Robinson, and S.M. Hooker, "Generation and control of chirped, ultrafast pulse trains," J. Opt., 12, 015201 (2010).
6. T. Robinson, K. O'Keefe, S.M. Hooker, "Generation and control of ultrafast pulse trains for quasi-phase-matching high-harmonic generation," J. OSA B, 27, 763-772 (2010).



技术中心 Technologies Center

光纤及预制棒制造

新型光纤制造方法助力光纤激光器发展

以新改进型化学气相沉积（MCVD）法为基础的现场溶液掺杂技术和化学坩埚沉积技术，大大提升了用于制造光纤激光器的光纤的性能。

Mridu P. Kalita，Andrew S. Webb， Alexander J. Boyland，Seongwoo Yoo，Jayantak. Sahu

工业光纤激光器制造正成为石英光纤增长最快的市场之一。光纤激光器展现出了许多优于二极管泵浦固体激光器的性能，诸如卓越的性能、优良的可靠性、紧凑的体积、较高的效率，以及为用户带来的成本节省。特别是掺镱光纤激光器，其在连续波和脉冲工作模式下，分别实现了数千瓦量级的功率输出。[1] 掺镱光纤激光器应用的不断增多，激发了业界对各种类型的二氧化硅光纤的开发，而且每种光纤都具备独特的属性，以满足特定的应用需求。由于玻璃的设计和材料特性对光纤激光器的性能具有决定性的影响，因此光纤及其预制棒的制造也在不断向前发展。

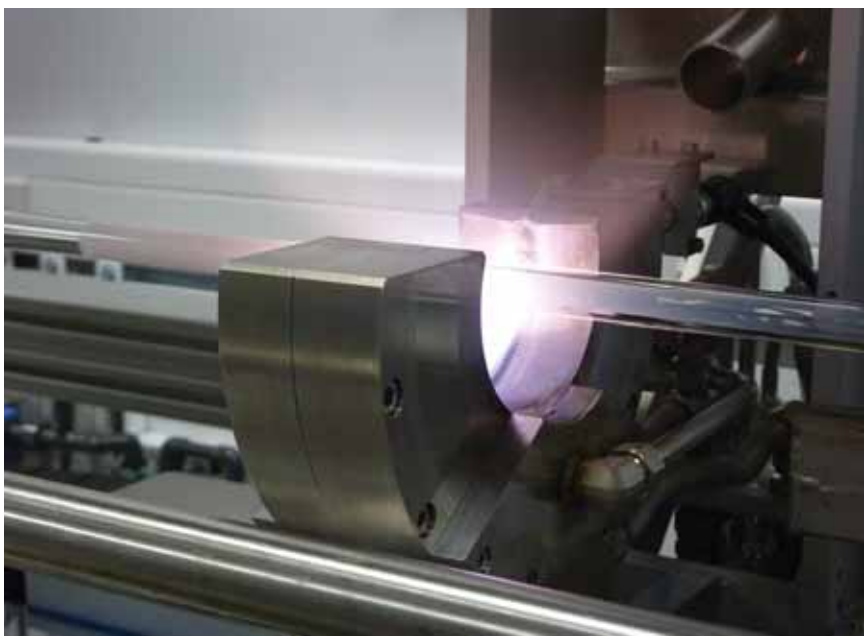


图1：改进型化学气相沉积（MCVD）设备用于制备光纤预制棒，图中正在沉积多孔硅层。

大多数二氧化硅光纤都是通过基于改进型化学气相沉积（MCVD）法制作的光纤预制棒拉制而成。这种方法非常适合于制造传输用的无源光纤，但是不太适合在预制棒的玻璃结构中掺杂稀土离子。现有的名为溶液掺杂技术就是为解决这个问题应运而生的，但是仍然不能用于制造具有多层结构、设计复杂的光纤。[2] 为了弥补目前对光纤激光器的需求与现有稀土掺杂能力之间的差距，英国南安普顿大学光电子研究中心（ORC）开发出了两项新技术——现场溶液掺杂技术和化学坩埚沉积技术。[3,4]

现场溶液掺杂技术

在传统的溶液掺杂方案中，一层称为“ Soot ”的硅微粒首先被沉积在高纯度玻璃基质管的内壁（见图 1）。Soot 只有几十微米厚，但是其较大的表面积使其具有了多孔结构。这层硅微粒最终会形成光纤的纤芯。在硅微粒层沉积之后，玻璃管从制备预制棒的车床转移到另外一个装置上，这个装置中包含溶有稀土离子和共掺杂离子（如铝）的溶液。玻璃管在这个装置中经过一个指定的浸泡周期（一般为 1 个小时）后，再次被转移到车床上。接下来，硅微粒层通过高温熔结成玻璃体。每层掺杂都必须重复这个过程，这将会降低可用预制棒的产量，因为这个过程要连续转移玻璃管。因此，这种技术并不适用于多于 3 到 4 层的掺杂。

现场掺杂 MCVD 技术与传统的溶液掺杂技术类似，但是其省去了在车床上转移和重新安装玻璃管这道工序，这使得整个过程更加高效、可靠，因而提高了预制棒的产量。这个过程

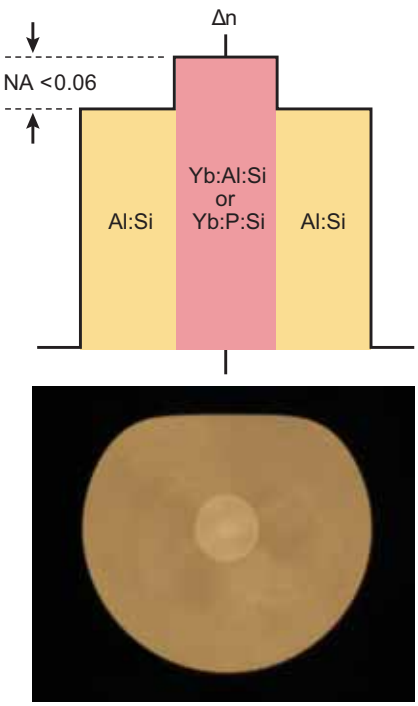


图2：光纤的折射率轮廓图和截面图。

首先也包括一个跟以前一样的沉积 Soot 层的工序。然后，溶液通过装配车床的尾端引入到 Soot 层中。一个小口径玻璃管的一端被送到里面直到靠近 Soot 层，而该管的另一端与一个软管相连，并通过一个泵输送液体。在整个过程中，玻璃管保持在原位不动。当 Soot 层被完全浸透后，导流管就会被移除，溶剂蒸发后就会留下稀土离子。当这一层被完全烘干后，掺杂的氧化粒子就会进入玻璃。最后，玻璃管被熔融坍塌形成固体的玻璃预制棒。重复这个过程，可以实现多层掺杂。

现场掺杂技术的灵活性，能够实现具有复杂结构的掺杂稀土的预制棒的制备，这是传统的溶液掺杂技术无法实现的。现场掺杂技术应用的一个例子是掺镱的双包层光纤，它具有一个突起的内包层环用于降低较高的数值孔径（NA），其数值通常大于 0.15，这是由于高度掺杂所引起的（见图 2）。

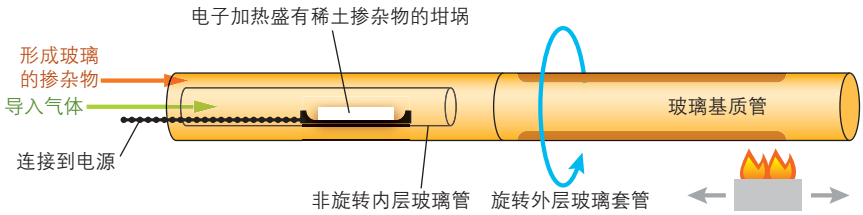


图3：化学坩埚法制备光纤预制棒技术。

通过现场掺杂技术，可以将 NA 值降低到 0.06，因此可以减少激光的输出模式。

为了保证纤芯的导光性，在预制棒中需要一个大口径的内包层，它通常包含多个沉积层。磷和锗是在 MCVD 中常用的可以进行气相沉积的材料。然而，掺杂磷和锗的玻璃有残余的内应力，而且容易破碎。但是采用现场沉积技术，多个无应力的铝硅酸盐层可以被沉积形成内包层。例如，采用现场溶液掺杂技术，可以实现直径为 400μm 的掺镱纤芯光纤，包含 14 层铝硅酸盐的内包层（见图 2）。该光纤被拉成双包层结构，能使掺镱光纤激光器实现约达 80% 的光 - 光转换效率。

化学坩埚沉积法

除了现场溶液掺杂技术，南安普顿大学光电子研究中心正在开发的第二项技术是化学坩埚沉积技术，该项技术用于低挥发性的掺杂材料的雾化与结合。目前开发的关注焦点是镧系螯合物（lanthanide-based chelate complex），它们在室温下为固态，在摄氏 150~200℃之间会升华。目前，使用这些材料的沉积系统已经实现了商业化，这种系统最初是为了制造具有低掺杂稀土离子的通信光纤而设计的。因此，目前并未见到利用此系统开发用于高功率激光器应用的光纤的广泛报道，这可能是因为使用外部稀土传送系统的存在一定的难度。

在 MCVD 化学坩埚技术中，稀土掺杂物直接在车床上的 MCVD 玻璃套管的内部加热，非常靠近沉积区，这增加了多功能性而且沿着套管的长度方向保持了较好的均匀性（见图 3）。稀土和共掺杂离子放置在一个通过外部供电的电加热坩埚上面，温度精度控制在 1℃以内。

镧系螯合物的高度挥发性与 MCVD 相结合，可以在相对较低的温度下（大约 200℃）使稀土离子在气相状态下以高浓度掺杂到预制棒中。由于稀土离子和共掺杂离子（如铝和锗）会同时与二氧化硅沉积物结合，因此化学坩埚沉积技术的另一个优点是：与传统的溶液掺杂技术相比，在相同的掺杂水平下，化学坩埚沉积技术能明显改善稀土离子的聚集作用。这种新型的化学坩埚预制棒制备技术，可以实现广泛的掺杂物质的气相沉积，根据需要还可以灵活地改变加热温度至几百摄氏度，以产生足够的蒸汽。❑

参考文献：

1. Y. Jeong et al., Opt. Exp., 12, 25, 6088-6092 (2004).
2. J.E. Townsend et al., Electron. Lett., 23, 7, 329-331 (1987).
3. A.S. Webb et al., J. Non-Crystalline Solids, 356, 848-851 (2010).
4. A.J. Boyland et al., CLEO/QELS 2010 paper CThV7, San Jose, CA (May 2010).

应用天地 Applications

准分子激光器

用紫外光学的方法进行薄膜加工和退火研究

Ralph Delmdahl，相干公司准分子激光器产品市场经理
Burkhard Fechner，相干公司准分子激光器亚洲销售经理

紫外准分子激光器的问世，为改善显示性能和推进产品创新提供了可行性手段，例如其能加快像素转换率，降低产品的能耗、重量及厚度，或是实现像纸一样的机械柔韧性，这些都是使产品满足消费者千变万化的需求的关键因素。为了推动显示及微电子行业中具有成本效益的材料和工艺的发展，相干公司推出了VarioLas系列准分子表面加工系统。下面将主要介绍灵活的VarioLas系列表面加工系统的结构，以及其在推动大面积紫外表面加工和紫外激光退火发展中的巨大潜力。

紫外准分子激光器的优势

紫外激光器在多种材料加工方面具有得天独厚的优势。特别是短波长、高能量的紫外光子发生的衍射，要比长波长的可见光和红外光少，这就保证了材料加工时较高的空间分辨率。此外，紫外激光微加工主要依赖于非热效应手段，从而能使加工过程引入的热影响区域最小化。

紫外波段的准分子激光器，能提供高达2J的脉冲能量和高达千瓦级的输出功率。因此，紫外准分子激光器已经成为了快速、有效的大面积烧蚀和微米量级微结构加工的关键手段。

因此，在要求卓越的质量和重复率的高性能激光微加工应用中，准分子激光器是首选的解决方案。半导体制造、显示器制造、医疗器械制造和科学研究等诸多具有苛刻要求的高精密加工过程，正在越来越多地采用准分子激光器。

作为准分子激光器光束和波长特性的全面拓展，相干公司开发出了结构紧凑、使用灵活的紫外激光材料加工系统，旨在推动半导体材料表面大范围加工和退火的进一步发展。紫外光子可在缩小掩模成像、或者在衬底材料上投射均匀的准分子激光束过程中发挥作用。VarioLas系统中的每款产品都可工作在193nm、248nm和308nm波长。



图1：先进、灵活的VarioLas紫外加工系统的模块化产品概念。

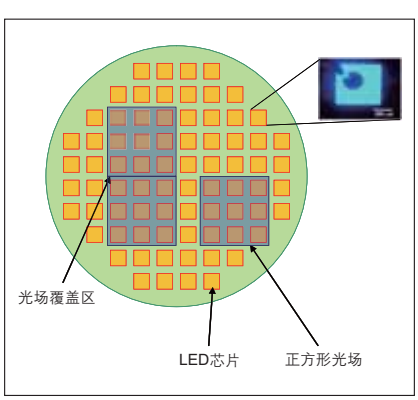


图2：用VarioLas系统提供的正方形光场掩模成像，实现LED芯片的激光剥离。

用于烧蚀和退火的紫外系统

VarioLas掩模成像系统（或称为线性光束系统）基于相干公司的COMPexPro系列准分子激光器，其为高质量大范围精密机械加工和表面退火提供了经济实用的工具。卓越的光学设计、光束抗震的机械设计，以及无可比拟的脉冲与脉冲间的稳定性，是VarioLas系列的独特优势。

在面积为2mm×2mm的矩形加工区域上，VarioLas掩模成像系统ECO和PRO分别能提供30μm和5μm的微机械加工分辨率，这样的分辨率对于聚合物、半导体、陶瓷、玻璃等材料的紫外机械加工、以及激光剥离和低温紫外退火都是非常理想的。投射到加工物品上的激光能量密度可高达3.5J/cm^2，适用于不同种类材料的精密微加工。

VarioLas SWEEP具有均匀的50mm×0.6mm的线性光束输出，可以用于晶圆掺杂物激活或者表面退火等大面积加工过程。

VarioLas系列中的每款产品都可

用于满足特定的需求。一系列安全装置如自动光束快门、互锁回路或 1 类安全光束封装以及便捷的控制模块（如样品表面能量密度控制、电动基底架和可以即时监视烧蚀和退火结果的共线相机观测单元），都可以根据应用需求集成到产品的基本设计中。

因此，VarioLas 系列可提供不同的集成度选择，从满足最大程度客户定制需求的纯粹的准分子激光束投影系统，到可控、互锁的光学全自动加工系统，如图 1 所示。

VarioLas 紫外加工解决方案旨在推动低温、薄膜加工中各个领域的进步，下面将主要介绍其在三个领域的应用。需要说明的是，这些应用实例或者是利用线性光束扫描实现的，或者是利用分布重复掩模成像完成的。

柔性显示器制造

柔性显示器具有巨大的市场前景，但是它们的问世不但遭遇到许多关键性的技术挑战，而且其生产工艺也亟待改进。特别是用于生产柔性显示器的薄塑料衬底过于脆弱，以至于无法使用传统的加工工具，而且一些加工步骤所经历的高温也会使其失去有限的硬度。

紫外激光加工技术，如激光退火表面自由技术（SUFTLA）可以使用传统方法在坚硬的衬底材料上制造显示电路，然后利用紫外光子在交界处释放较高的局部能量，使有效电路器件从坚硬的载体材料上剥离。[1]

在 SUFTLA 工艺中，在标准的衬底材料上沉积一层硅作为牺牲层，然后完全使用传统方法在这层硅表面上制备显示电路。随后，用一系列加工步骤将电路固定在临时衬底上，使电路离开原来的玻璃衬底，最后再将其固定在永久的、柔性塑料衬底上。

高亮度LED制造

同样，使用紫外准分子激光的激光剥离技术也是基于 GaN（氮化镓）和 AlN（氮化铝）制备高亮度 LED 的关键性工艺步骤。[2] 例如，GaN-LED 通常是在蓝宝石衬底上制备，因为蓝宝石为 GaN 晶体的生长提供了很好的晶格匹配条件。但是，使用蓝宝石作衬底限制了 LED 的输出功率，因为蓝宝石较差的导电性和导热性限制了有效散热。

利用基于准分子激光器的激光剥离技术，蓝宝石衬底上可以外延生长 GaN。随后，使用 193nm（用于 AlN）或 248nm（用于 GaN）的准分子激光直接穿过蓝宝石衬底，蓝宝石对于紫外波长是透明的。在 AlN 层（或 GaN 层）与蓝宝石衬底层的交界面上，发生紫外准分子激光的光子吸收，实现 AlN 层（或 GaN 层）与蓝宝石衬底层的均匀剥离，从而保证了 LED 的高质量。

利用 VarioLas 掩模投影系统，一个大面积（2mm×2mm）高度均匀的正方形光场可以被投射到蓝宝石衬底上，如图 2 所示，这样一束准分子激光就可以覆盖多个 LED 芯片。

另外，使用大面积、高度均匀的光束，可以避免芯片之间产生热梯度，而这种热梯度可能会引起芯片的非均匀性剥离。将激光照射区域的光束边缘和重叠部分放置在芯片之间的槽位区域，可以抑制扩散或非均匀性剥离。

高性能微电子器件制造

最近几年，利用准分子激光器进行基于低热预算退火的掺杂离子激活的研究，已经成为开发高性能小型化电子转换器件的关键技术。随着 CMOS 结构接近于 60nm 结点，短波长的准分子激光器对于推动 CMOS、PMOS 和其他相关技术的发展变得至关重要。[3]

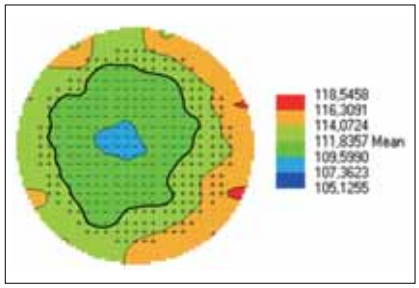


图3：掺杂晶圆在经过308nm准分子激光退火后的表面阻抗分布图。



图4：单束准分子激光退火的晶圆芯片的扫描电子显微镜成像。

在硅（100）晶圆中以 $1.6\times10^{14}cm^{-2}$ 的掺杂浓度植入硼离子，能量为 15keV 的全部表面上的激活会产生大约 111mV/mA 的表面阻抗。退火效应在单个区域单脉冲强度达到 $3J/cm^2$ 时完成，使用的掩模场均匀度优于 ±3%（在 2σ 之内）。

图 3 是 5 英寸掺杂硅（100）晶圆经过准分子激光退火激活后的表面分布图。从图中可以看出：由紫外准分子激光退火产生的表面阻抗具有高度均匀性。

另一个具体例子是将面积为 2.7mm×2.7mm 的光场照射到晶圆上。图 4 给出了扫描电子显微镜成像，显示了激光束之间的重叠类型。通过

下转第28页

应用天地 Applications

激光打标

为您的应用选择最佳激光打标方案

Geoff Shannon，Miyachi Unitek公司激光技术经理

激光打标作为一种快速、清洁的产品标记技术，正在快速取代传统老旧的产品标记技术，特别是喷墨技术。随着市场对产品零件的跟踪以及可追溯性要求的不断增强，特别是在医疗设备、汽车和航空等应用领域，这些需求正在驱动零件信息直接标记应用呈指数增长。

鉴于市场上对直接打标的广泛需求，激光打标技术正日益获得广泛的市场青睐。这些直接标识在零件上的信息，通常是容易被识读的字母、数字、条形码或Data-Matrix™代码。激光打标技术凭借其简单灵活的自动化打标方式、对环境的友好性以及较低的拥有成本等优势，而备受市场欢迎。目前，市场上存在着多种激光打标方案，每种打标方案都有其自身的标记特性以及适合标记的材料范围，用户在选择时，需要根据具体的应用需求，选择最为合适的激光打标方案。

激光打标简介

激光打标是利用从激光器中输出的聚焦光束与被标记的目标物体相互作用，从而在目标物体上形成高品质的永久性标记。图1给出了典型的激光打标机的原理示意图。从激光器中输出的光束，由安装在高速精密电机上的两个反射镜控制，以实现光束的运动打标。每个反射镜都沿着单一的轴线运动。电机的运动速度非常快，并且惯性非常小，从而能够实现对目标物体的快速打标。经过反射镜引导的光束利用F-θ透镜聚焦，焦点位于被标记的平面上。当该聚焦光束与被标记物体相互作用时，物体就被“打上标记”了。除了被打标的位置，物体的其他表面仍然保持不变。

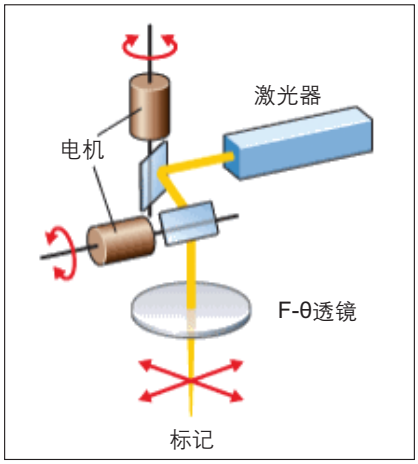


图1：典型的激光打标机的原理示意图。

通常，激光打标系统主要由通过软件和硬件与一个高速、精密的运动系统耦合到一起的高度灵活、可控的激光源构成。除了能够实现打标加工外，激光打标系统通常还具备切割、钻孔、抛光、划线、刮削等机械加工能力。

在激光打标系统中，利用软件控制激光束，进而实现文字、图形、商标、条形码和Data-Matrix代码等内容的打标。通过软件控制实现的自动化打标功能，使激光打标系统能够实现零件序列化打标、日期编码、可变文本输入、远程编程、输入/输出控制和许多其他的编程特性。

激光能够快速在金属和塑料上实现精密、清洁的标记，这使得激光打标适合大多数制造过程。激光还可用于表面雕刻（一种与打标类似的过程），能够在零件表示上雕刻出既能被人眼看到、又能被手感触到的标记，这是一种改变零件表面的加工方式。

激光打标是一种非接触加工过程，整个加工过程不需要任何耗材，非常清洁，而且颇具能源效益。此外，与传统的打标方式相比，激光打标也是一种非常环保的加工过程，该过程无需使用任何油墨或其他化学物品。激光打标过程能够实现高度灵活性的标记过程，以满足不断变化的打标需求。激光打标适合标记的材料范围非常广泛，这些材料包括钢材、铝、聚烯烃、工程和医用塑料、硅以及许多

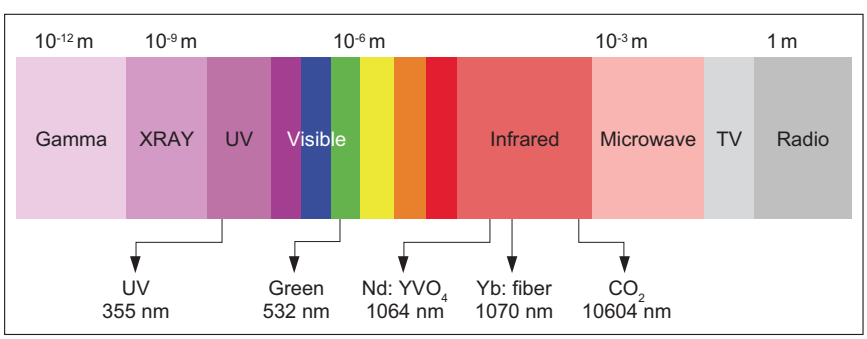


图2：适合用于打标应用的不同的激光波长。

其他材料。

激光打标非常适合在材料表面上标记条形码和二维条码。所标记代码的质量和分辨率，可以根据被标记表面的空间大小和用户要求调节。总之，激光打标系统能够实现卓越的打标数据密度，同时还能减少标记代码所需要的空间。

选择合适的激光打标方案

目前市场上存在的激光打标方案所使用的激光器主要有：掺镱光纤激光器、Nd：YVO_4 激光器、绿光（532nm）激光器、紫外线（UV）激光器和 CO_2 激光器。另外，还有一些高功率应用仍在使用 Nd：YAG 激光器，当然随着技术的发展，Nd：YAG 激光器已经逐渐被上述其他几种激光器所取代。

上述每种激光器提供不同的输出波长，并且具有不同的峰值功率和脉冲宽度等光学属性。绿光激光器和紫外激光器通常是将 Nd：YVO_4 激光器的输出借助晶体元件倍频，将输出光的波长从 1064nm 分别变换到 532nm 和 355nm。根据所要标记的材料、以及用户对标记的清晰度、字符大小和输入到零件的热量等要求，不同的激光波长适用于不同的应用。图 2 给出了适用于打标应用的不同的激光波长。下面将逐一介绍不同的激光器所提供的打标特征及其适用领域。

镱光纤打标机：打标质量好，成本效益高

镱光纤激光器使用从掺镱光纤中输出的激光，其泵浦源采用电信级单管式二极管。这种二极管具备长达 10 万小时的使用寿命。除了使用寿命长的优势外，光纤激光器还具有较高的



图3：光纤激光打标机在玻璃纤维材料上实现的打标效果。

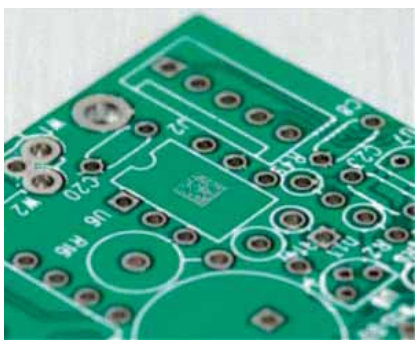


图4：CO_2激光打标机在PCB电路板上获得的打标效果。

能源效率和较少的维护需求，从而其具有最低的拥有成本。

掺镱光纤激光打标机已经成为目前市场上最常用的激光打标技术之一。光纤激光器打标机能够在金属和塑料材料上实现高质量、对比鲜明的打标，另外其还能用于金属雕刻以及加工其他广泛的材料。图 3 显示了一个用光纤激光打标机标记的一个产品实例，图中被标记的材料是玻璃纤维（glass-filled plastic）。

Nd：YVO_4打标机：专为精细打标而设计

Nd：YVO_4 激光打标机专为高分辨率精细打标应用而设计，这些应用往往需要标记出精密的细节特征或者是非常小的特征尺寸。凭借优良的光束质量和小于 0.001 英寸（25μm）的焦点尺寸，Nd：YVO_4 激光打标机能够在金属、塑料和陶瓷材料上实现精细打标。此外，由于 Nd：YVO_4 激光器能够实现非常高的激光峰值功率（大于 30kW）和非常短的脉冲宽度（小于 20ns），这也为实现高分辨率打标提供了所需要的控制水平。

绿光激光打标机：适用于某些塑料、硅及反光金属

输出可见绿光的激光器工作在 532nm 波长，其能在塑料材料上实现对比度清晰的打标、能够在硅材料上实现软打标，还能在金和银等反光性材料上实现高质量打标。

紫外激光打标机：实现塑料和耐腐蚀性材料的极高分辨率打标

紫外激光打标机的输出波长为 355nm，可提供独特的打标特性，其能在许多其他激光无法打标的塑料上获得对比度极佳的打标效果，例如可用于标记医用导管和高度耐腐蚀的 17-X 不锈钢材料。与光纤激光器、Nd：YVO_4 激光器甚至是绿光激光器相比，紫外激光器几乎能在所有材料上实现最好的打标质量。355nm 波长进一步增加了能够标记的塑料材料的范围，此外用其在金属材料上打标的时候，还能严格控热量输入。

CO_2激光打标机：标记印刷电路板、纸张和木材的最佳选择

CO_2 激光器的工作物质由密闭在一个减压铝管中的气体组合而成。CO_2 激光器的泵浦能量由射频（RF）能量提供。CO_2 激光打标机能够标记塑料，但是标记是雕刻上去的，没有表面对比度。CO_2 激光打标机的工作波长为 10604nm，该波长可广泛用于标记纸张和木材等有机材料，同时也

下转第28页

应用天地 Applications

激光金属成形

五轴联动激光金属成形技术及应用

激光金属成形技术，通常又被称为激光熔覆技术，已经成功地用于焊接修复领域，并且正在越来越多的新零部件生产中大显身手。

Thomas Peters，瑞士Sulzer Innotec公司

激光金属成形技术日益在工件的制造和修复中获得了广泛应用。除了能获得较小的工件变形外，激光金属成形技术的另一个显著优势是其能大幅提升材料的可焊性，即使是那些难以焊接的材料，如高温镍合金和高碳钢。激光金属成形技术最典型的应用是燃气涡轮叶片或模具的修复焊接。

工作原理

激光金属成形是利用金属粉末作为填充材料，通过一个粉末喷嘴将金属粉末送入一个由激光束创建的熔池中（见图 1）。整个加工过程可以用计算机实现数字化控制（CNC），获得精细的焊接轨迹。激光金属成形技术也可用于在工件表面上增加覆层，就像在骨架肋板和工件边缘上堆焊一样。

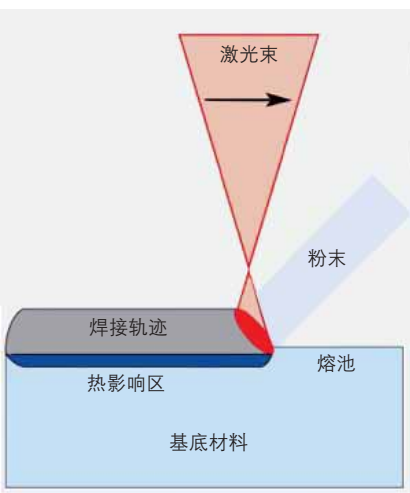


图1：激光金属成形的工作原理：激光金属成形使用金属粉末作为填充物，金属粉末通过一个粉末喷嘴被送到由激光束创建的熔池中。

瑞士 Sulzer Metco 公司在激光金属成形技术领域有着多年的经验。该公司提供的粉末给料机，能够保证金属粉末恒定、均匀地流动。这些金属粉末搭载着惰性气体流被输送到粉末喷嘴中，被输送的金属粉末量可以根据应用调节。在这里，惰性载气同时也作为焊接过程的保护气体。

使用合适的粉末喷嘴，激光金属成形技术甚至可以加工通常与氧气反生强烈反应的钛金属。另外，由于几乎任何材料都可以被雾化，因此在激光金属成形过程中，还可以使用那些无法作为标准粉末使用的特殊材料。

铣削加工

叶轮生产是 Sulzer Innotec 公司的一项核心生产能力，该公司在 5 轴联动铣削加工方面具有丰富的经验。

在激光焊接技术中，Sulzer Innotec 公司在一个龙门式机器人上装载了一台功率 2.2kW 的 CO_2 激光器和一台 1.5kW 的光纤激光器系统（见图 2），这两台激光器都能实现五轴联动加工。在废气涡轮增压器叶片的修复应用中，利用该系统能获得精细的堆焊轨迹。

三维修复焊接

在五轴联动加工系统中，加工工具（铣床中的铣刀，或者是激光焊接



图2：在激光焊接技术中，Sulzer Innotec公司在一个龙门式机器人上装载了一台功率2.2kW的CO_2激光器和一台1.5kW的光纤激光器系统。



图3：涡轮增压器叶尖的修复焊接。

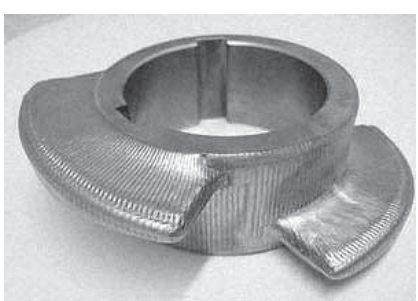


图4：具有Stellite耐磨层的进料螺杆。Stellites是一种基于钴和铬的硬质合金。

系统中的激光束和粉末喷嘴）可以在组件的表面上按照不同的编程轨迹、以任何入射角连续不断地移动。在激光焊接过程中，激光束能够很理想地调整到与工件表面垂直。

在废气涡轮增压器的应用案例中，利用激光将充分的材料焊接到涡轮叶片的曲面上，然后再通过研磨或铣削恢复其原来的几何形状。激光的焊接轨迹是根据 CAD 系统中提供的 CAD 模型生成的。

在整个加工过程中，可靠的焊接策略与强大的焊接参数同等重要，这样才能弥补铸模轮的几何偏差。此外，使用同轴粉末喷嘴能够实现均匀焊接，而不用考虑焊接方向问题（见图 3）。

在用光纤激光器系统加工的过程中，带有粉末喷嘴的加工头总是指向下方，从而在三个轴的横向和纵向移动，与此同时，加工头下面的工件在两个轴向移动。加工体积和重量较大的工件时，用龙门式机器人装置中的 CO_2 激光器系统。在这个系统中，两个旋转轴位于加工头上，加工头可以与固定的工件对齐，并且激光束能以任何需要的角度入射运转。

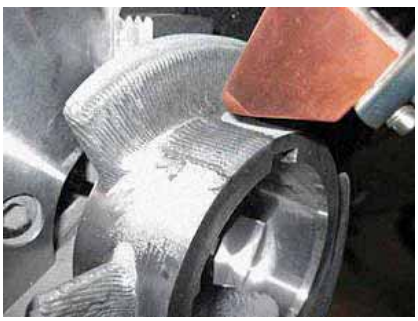


图5：当焊接螺丝枢纽时，铜粉喷嘴的位置。

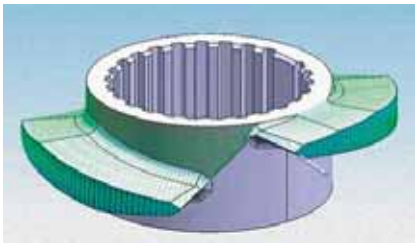


图6：在CAD系统中编写焊接轨迹的时候，通过精心设计焊接方案，可以优化焊接过程中出现的停顿。

涂覆耐磨层

针对任何曲面的磨损保护层应用，是五轴联动加工的一个重要应用领域。Stellite 是一种基于钴和铬的硬质合金，其除了具有非常大的硬度外，高度抗腐蚀性也是一个突出的特点。当在一个进料螺杆（见图 4）上堆焊 Stellite 合金层时，对其表面的完全覆盖至关重要。因此，必须精心选择焊接加工参数，以确保无裂纹加工。

传统的堆焊通常需要对组件进行预热、并做一些相关的热处理。在激光金属成形加工中，通常可以省略这些工序。在传统的焊接过程中，由于填充物和基体材料之间较大的稀释率，因此必须要加工几个焊接层（或者说是几毫米厚的涂层），才能确保工件表面具有想要的耐磨保护特征。相比之下，激光金属成形过程中，基体材料的稀释较小，因此只需要一个较薄的覆层就能实现想要的耐磨性能。

加工尖锐的边缘，例如从进料螺杆的叶片到枢纽（hub）的过渡，是加工过程中的一个额外的挑战（见图 5）。在图 5 中，粉末喷嘴的位置正好处于拐角处（在激光束开启之前）。用气体流输送金属粉末，还能保证熔化面积的清洁，清除之前加工过程中残留的多余粉末。加工过程中的粉末残留是不可避免的，因为开、关粉末流，将会比焊接停顿花费更长的时间。当一处焊接结束后、焊接系统移动到下一个焊接轨迹起点的时候，焊接停顿只持续几秒钟。当然，在 CAD 系统中编写焊接轨迹的时候，通过精心设计焊接方案，可以优化焊接过程中出现的这些停顿（见图 6）。

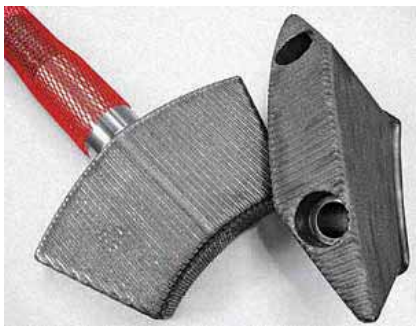


图7：在岩石破碎机锯齿的涂覆中，必须选择正确的加工参数，以确保涂层在受到冲击力的时候不会受损。

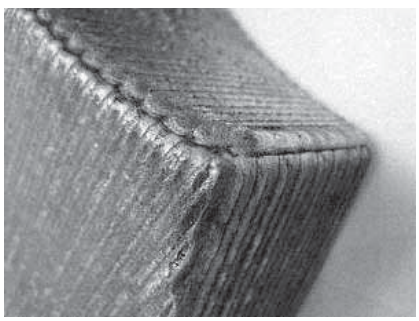


图8：锯齿边缘铠装的细部图。

组件铠装

在有极端磨损和冲击负荷的情况下，可在工件的表面堆焊钴或镍基碳化钨层，这样工件就可以获得高达 1300HV 的硬度。在这个加工过程中，成功的关键在于工件表面的全面铠装，特别是在拐角和边缘的地方。

一个无裂纹的焊接结果并不一定是最重要的因素。相反，加工参数的正确选择，必须要确保涂层不会因为受到冲击力而受损。图 7 中显示的是对岩石破碎机的锯齿表面进行了完全涂覆，图 8 中显示的是锯齿边缘的细部图。

与传统的手工堆焊相比，激光金属成形加工不但大大减少了加工时间，同时涂层质量也得到了大幅改善。平坦的焊接轨迹、接近完美的工件形状、表面修复工作大大减少（或者已经完全不需要表面修复这道工序了），

应用天地 Applications

对于加工如此坚硬的材料来讲，都是非常巨大的优势。

开发加工工艺

激光金属成形的加工参数并不是普遍有效的，但是在每种加工情况下，加工参数都必须要适应材料组合和工件的几何形状。根据不同的应用，需要开发合适的加工工艺过程。在这个过程中，需要做样品焊接以及相应的金相调查。

Sulzer Innotec 公司长期以来在激光金属成形领域积累的丰富经验，帮助其大幅缩短了加工工艺开发过程。焊接结果的评估，是按照焊接技术领域的有效法规或者是根据客户的要求来执行的。另外，Sulzer Innotec 公司还提供关于材料和加工方面的咨询，在必要的时候，还可以帮助客户制定一个合适的焊接过程。

小结

在传统的焊接方式或是热喷涂等加工方式不能适用的情况下，或者是要求在预加工和后加工以及工件的设计过程中节省成本的话，那么激光金属成形技术通常是理想的选择。文中提到的用金属粉末作为填充材料的三维（3D）激光堆焊，在激光束和金属粉末流能够保证满足要求的情况下，能够基于 CAD 模型加工出任何形状。

激光金属成形通常加工一次就能达到想要的效果，这大大降低了焊接时间，从而也降低了焊接成本。用户将从激光金属成形技术中受益匪浅。❑

上接第23页

控制激光表面融化和再结晶过程，可以获得完美的结晶度，并且表面阻抗具有极好的批次工艺稳定性。

总结

基于准分子激光器的 Variolas 紫外光学系统所提供的样品检测能力和高度灵活的加工能力，帮助科研领域和商业领域的研究人员获得了具有重要意义的薄膜加工结果。更为重要的是，研究人员所取得的结果，大部分可用来设计大规模生产的准分子激光装置，以及进行量产升级。

这些加工结果之所以可以转换成可行的生产方案，是因为 VarioLas 紫外激光系统所使用的波长、紫外光束整形及均匀化的概念，与大规模加工系统中使用的一致，这样就消除了产品转移和升级过程中改变主要工艺的繁琐过程。❑

参考文献：

1. S. Inoue, S. Utsunomiya, T. Saeki and T. Shimoda, IEEE Trans. Electron Devices, 49[8], p.1353 (2002).
2. J. Arokiaraj, C. Soh, X. C. Wang, S. Tripathy and S. J. Chua, Superlattices and Microstruct., 40[4], p.219 (2006).
3. B. Rajendran, R. S. Shenoy, D. J. Witte, N. S. Chokshi, R. L. DeLeon, G. S. Tompa, and R. F. W. Pease, IEEE Trans. Electron Devices, 54[4], p.707 (2007).

上接第25页

能标记印刷电路板（PCB）和玻璃。CO_2 激光打标机不适合标记裸铝、铜或黄铜和钢材。图 4 显示了 CO_2 激光打标机在 PCB 电路板上实现的打标效果。

Nd：YAG激光打标机：老旧的激光雕刻技术

Nd：YAG 激光打标机主要用于大面积金属打标（表面效应）和深雕应用（深度效应）。这些应用通常要求较高的激光功率。目前，尽管 Nd：YAG 激光打标机已经在很大程度上被其他激光打标机所取代，但是其仍在高功率（50~100W）应用领域广泛使用。随着 Nd：YAG 激光打标技术逐渐被淘汰，以及光纤激光打标系统总体拥有成本的大幅降低，光纤激光打标技术作为一股不断发展的新生力量，正开始在高功率市场应用中获得更多市场份额。

几乎需要直接标记或雕刻的所有应用，都有着各种各样的标记选择，激光打标技术为直接标记过程提供了一种最新的解决方案。激光打标的优点包括：永久性的标记质量；可标记文本、图形、标识和数据代码；高度灵活的标记方式；可标记的材料范围广泛。此外，激光打标是一种高速加工过程，其能很容易地集成到用户的生产线中。而且，激光打标还是一种非接触加工过程，这使其安全性进一步增强，并且整个加工过程不需要任何化学品，因此对环境也非常友好。❑

光学镀膜

塑料光学元件镀膜逐渐满足高端应用需求

过去廉价的一次性使用的塑料光学元件，已经在性能和耐用性方面获得大幅提升。同时，各种各样的镀膜也正在帮助塑料光学元件进入越来越多的复杂应用领域。

Gail Overton

过去一直用于低端、一次性、非成像消费类应用的塑料光学元件（或称聚合物 / 有机光学元件），已经在性能和耐用性方面获得了大幅提升，并且正在进入非传统工业、汽车和医药等行业。这些新的应用不仅对塑料光学元件本身提出了挑战，而且也对附着其上的光学镀膜提出了挑战。业界一位镀膜专家曾指出：“如果没有光学镀膜，几乎所有的现代光学应用或系统都将失败。”

目前，业界正在开发并商用适用于数码相机、条形码扫描器、光纤传感器与通信网络以及生物计量安全系统等领域的光学镀膜。随着市场对低成本、高性能的塑料光学元件的青睐与日俱增，一些新的镀膜技术已经涌现出来以满足新的应用需求。

为何选择塑料光学元件？

与玻璃光学元件相比，塑料光学元件的重量要轻 2~5 倍，这使得它们更加适用于夜视头盔、现场便携式成像应用以及重复使用或一次性医疗器械（如腹腔镜）等领域。此外，由于塑料光学元件可以根据安装需要模塑成型，因此能大幅减少装配步骤，降低制造成本。

塑料光学元件可用于大部分可见光应用中。对于其他近紫外和近红外应用，丙烯酸（卓越的透明度）、聚碳酸酯（最佳的冲击强度）和环烯烃（高耐热性和耐用性，较低的水吸收）等常用材料的传输波长范围为 380~100nm。在塑料光学元件表面增加镀膜，是为了提升其传输或反射性能，增加耐用性。

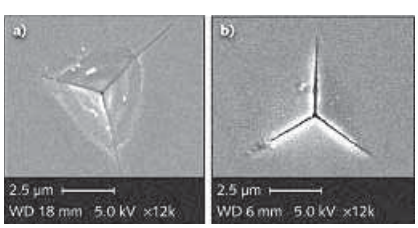




图1：经过压痕后，塑料光学元件上的真空镀膜显示出了脆性破坏（上图a）。作为一种替代方案，无需使用真空室的液体聚合物纳米复合材料镀膜，经过压痕后并没有出现破损（上图b）。该镀膜可用于反射膜或增透膜（下图）。



图2：为一种专用扫描仪定制的反射光学元件，由球形元件和非球形元件构成的阵列组成（有镀铝膜和未镀膜的）。

厚层镀膜（厚度通常约 1µm 或更厚）主要起到保护层的作用，同时也能为随后的薄层镀膜改善附着性和牢固性。薄层镀膜包括二氧化硅（SiO_2）、氧化钽、氧化钛、氧化铝、氧化铌以及铪氧化物（SiO_2、Ta_2O_5、TiO_2、Al_2O_3、Nb_3O_5 和 HfO_2）；典型的金属镜面镀膜有铝（Al）、银（Ag）和金（Au）。氟化物或氮化物则很少用于镀膜，因为要获得好的镀膜质量，需要较高的热量，这与塑料元件镀膜所需要的低热量沉积条件不符。

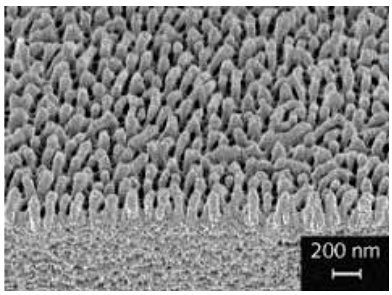
然而，尽管塑料光学元件具有诸多优点，它们的使用也会带来一些新的挑战。“一些适用于玻璃光学元件的镀膜设计，可能并不适用于塑料光学元件，因为塑料光学元件具有较高的热膨胀系数。为了消除附着性和开裂问题，Optical Dynamics 公司提供了另一种替代方案：液体聚合物纳米复合材料镀膜。应用来自 Optical Dynamics 公司的一种称为 NanoClear 的镀膜系统，不需要真空室就能完成镀膜，并且具有类似于聚合物基材的热膨胀性能，从而能避免由于过热引起的开裂问题（见图 1）。

应用天地 Applications



图3：两个镜片的圆顶部分正准备装入真空镀膜室。

a)



b) 传输(%)

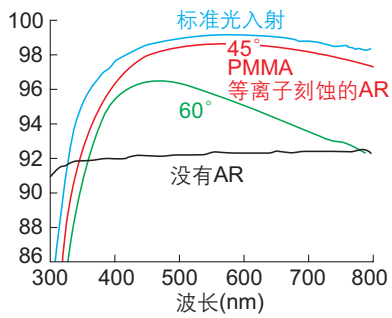


图4：对聚合物材料如有机玻璃（PMMA）进行直接等离子体刻蚀，创建出亚微米级的表面结构（a），以此作为防反射膜（b）。



图5：用有机玻璃为奥迪A6制造的仪表盘窗口，左图没有镀膜，右图镀有防反射膜。

应用

当重量、成本和易于组装性成为使用一个光学元件的主要考虑因素时，塑料光学元件通常是最佳选择。G-S Plastic Optics 公司目前正在为一家财富 500 强公司定制一种用于扫描仪中的反射光学元件（见图 2）。“这个高精密元件实际上是一个阵列，该阵列由 15 个球形元件和 15 非球形元件组成，并沿着产品的长度分部。”G-S Plastic Optics 公司新业务开发总监 Will Beich 表示，“每个光学元件的位置精度约为 ±30μm，形状公差在 3μm 以内。为了减少扫描仪中的杂散光，要对光学元件镀上增强的铝膜。”

Beich 表示，之所以选择镀铝膜，是因为它能反射可见光，并且比银膜更环保耐用。“我们选择自己对产品镀膜，这样我们就能更充分地控制生产中的所有环节。在这种情况下，通过定制设计托盘以与我们的封装和镀膜设施协同工作，使整个制造过程进一步简化，从而提高了整体生产力。”Beich 补充道。

镀膜的塑料光学元件的另一个常见的应用领域是眼镜。“目前，眼镜片上的防反射（AR）镀膜已经非常普遍，超过 95% 的眼镜都使用塑料镜片，而为镜片镀膜确实是一个技术奇迹，它代表了 20 年来镀膜技术的进步。”Opticote 公司总裁 Edwin Ellefsen 说，“除了光学和美观要求外，物理耐用性为镜片镀膜带来了特殊的挑战。首先，眼镜片通常是由众多的基体材料制造而成，这些材料通常包括二甘醇烯丙基碳酸酯、聚碳酸酯等。这些基体材料材具有吸水性（这将导致镀膜会受到来自基体材料方面的水蒸汽的损伤）和较高的热膨胀系数，因此会导致镀膜不牢固或受损。”Ellefsen 补充说，“另外，人们经常会用含有化学物品的液体清洗镜片，用粗糙的纸巾或手帕擦拭镜片，冬季还要忍耐室内外较大的温差，偶尔还会不小心正面朝下从桌子上滑落到地上……因此，对镜片的耐用性的要求可见一斑。”

为了满足眼镜片的应用需求，Opticote 公司对镜片的基材仔细分类，并通过适当的水性和溶剂型清洗步骤清洗。经过彻底干燥后，进行真空表面处理，之后是附着层和面向基材的屏障层（见图 3）。接下来再镀防反射膜，随后是更多的屏障层，最后，用化学方法镀上一层不易被水沾湿的 / 憎油的顶层膜，以保持镀膜镜片的清洁。

塑料光学元件的另一个应用领域是飞行硬件。例如，在抬头显示器（HUD）应用中，元件的重量是一个重要的考虑因素。塑料光学元件是 HUD 应用的理想选择。像许多其他复杂的光学系统一样，在 HUD 中为了避免散射光，因此需要镀上防反射膜。虽然也可以镀上高反射的金属膜和多层氧化物增强膜，但是依然需要业界继续开发新技术，以支持塑料光学元件迈入更多的新兴应用领域。

超越传统的镀膜

目前，德国应用光学和精密工程弗劳恩霍夫研究所（Fraunhofer IOF）正在研究一些创新的等离子蚀刻过程，以期能直接在聚合物光学元件上建力防反射的纳米结构（见图 4）。

生物仿生研究发现，蛾虫的眼睛具有卓越的防反射弧性能，Fraunhofer IOF 的研究人员一直努力在聚合物材料中制造亚微米级别的蛾眼结构，作为防反射膜。[1] 在这项研究中，聚合物光学元件具有独特的优势：这些表面结构可以在聚合物光学元件内部或是在有机涂层材料（如三聚氰胺）中直接制造，而这些有机涂层材料既可用于玻璃光学元件，也可用于塑料光学元件。

研究人员已经为有机玻璃

下转第36页

应用简讯

激光辅助分析助力地下深层矿物开采

全球生产市场的持续发展，增加了对矿物质的需求。然而供求的不平衡，正在使对自然资源的有效利用成为比以往更加重要的考虑因素。当前的矿产开采技术不能始终保证对沉积物的最佳开采，这会导致开采成本和开采时间的增加。矿业公司希望能有一种快速、可靠的方法来分析潜在的矿藏。现在，德国弗朗荷费激光技术研究所（ILT）已经开发出一种适合于采矿的系统，其采用激光分析来实时地鉴定岩石。

开采矿产最常见的方法是钻孔、爆破、切割。为了决定哪些地方值得开采，矿山经营者必须能够准确地模拟出沉积物，显示出在哪里、在什么深度，以及何种浓度的所需矿石将被发现。这样就避免对没有价值的岩石的盲目开采，节省了矿山经营者开采资源的时间和资金。

目前，详细模拟一种沉积物所需要的信息是由岩心钻探收集的：从地下开采出一个核心样品并送到实验室，然后利用 X 射线荧光（XRF）对样品的成分进行分析。矿山经营者不得不等上 3~5 天才能得到结果。但这已经是目前最先进的方法了。

由于岩心钻探的方法非常耗费时间，矿业公司都在渴望能有一种更快的分析方法，并且依然能提供足够详细的信息。在一项由德国经济技术联邦委员会（BMWi）资助的项目中，来自德国弗朗荷费激光技术研究所的研究人员，与亚琛工业大学矿业与冶金机械学院合作，已经开发出了一个用于矿物开采的带有联机分析模块的分析系统。该系统能在钻取矿物质的过程中直接对岩石进行分析：使用安装在分析模块上的传统的钻机，在岩石上钻出一个直径 10cm、深度为 24m 的孔。该分析系统能在钻孔的过程中测量岩石的化学成分，并且立刻就能得到评估数据。

“这个项目的挑战是重新设计激光传感器，以使它们能承受较为恶劣的工作环境。”研究人员说：“我们正在研发能够应对极端温度、强烈振动、高湿度和多粉尘等恶劣环境的测量仪器。”

实时多元素分析

该分析系统所使用的分析方法是激光诱导击穿光谱（LIBS）测量：岩粉通过一个软管被带到表面上，并用一个旋风除尘器分离成颗粒大小。粉尘和空气的混合物在软管中以高达每秒 20 米的速度通过，而实时分析（所有时间不超过 20 微秒）就是在这段旅程中完成的。

一个高能量的激光脉冲聚焦于通过的岩粉粒子。这些粒子首次被气化，然后被激光的热量变成等离子体。在一段短暂的时间内，等离子体以其包含的特定元素的频率产生辐射。光谱仪同时会检测到所有元素发出的辐射，然后这些数据被发送到计算机进行评估。在分析过程中，激光脉冲会接触到由不同元素构成的粒子，结果是很短时间内的平均值。这提供了岩石所包含的所有成分的有用信息，而数据序列的年代则显示了沉积物是如何分层的。

这种方法的决定性的优势是其能节省大量时间。由于数据的评估和提交能在几秒钟内完成，矿上经营者能够立即决定沉积物的质量，并依此来调整相应的开采过程。到目前为止，这种方法已经用来检测镁、钙、硅、铁、铝等材料。目前研究人员正在开发能快速检测铜和其他金属的光谱仪。

从长远来看，这种面向多元素分析的实时检测过程，使自动提取机械成为可能。研究人员已经提出一个概念：该系统如何能安装到地下采煤机上。在地面上，该系统可以安装到用于提取矿藏的钻探设备上。联机分析能够实现对沉积物的连续的质量控制和不断滚动更新。一个旨在开发适合行业应用的分析系统的后续项目已经开始了。具有激光分析系统的钻机，将为该类产品带来新的卖点，也将为这些制造厂商开辟新的销售潜力。❑

应用天地 Applications

应用简讯

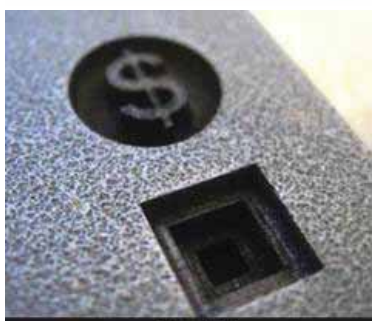
高功率光纤激光器在深雕方面的应用

IPG公司

IPG 公司 YLP 系列产品中的新成员——1mJ 50W 和 100W 的高平均功率光纤激光器，在深雕应用方面引发了众多客户和 OEM 集成商的浓厚兴趣。此产品的峰值功率为 8.3kW，脉冲频率可达 200kHz，脉冲宽度 120ns，光束质量（M2）为 1.5，能有效提高雕刻深度，大幅缩短加工时间，是雕刻应用的理想光源。

激光雕刻的主流应用主要集中在模具制造、珠宝雕刻及用于恶略环境跟踪部件的雕刻。通常需要雕刻的材料有钢、陶瓷，以及金、银、铜等高反射材料。在实际应用中，此款高平均功率产品无需像之前的激光器那样配一个很重的光隔离器（用于隔离反射光和改善输出脉冲稳定性），即可很容易地进行各种材料的加工。此外，该产品还可用于加工一些非常规材料，如铣槽以及其它诸如碳化硅、镍铬合金和热障涂层等。





钢深雕

根据材料与加工位置的不同，可以设置不同脉冲频率、脉冲重叠、平均功率和峰值功率等激光器参数。当然，其他一些因素也会决定激光器参数的设置，如雕刻深度与表面光洁度。使用低平均功率进行雕刻时，其优点是雕刻质量好，且容易控制加工质量，但其缺点是加工速度非常慢。使用更高平均功率激光器加工时，其速度会更快，但是雕刻质量会略差。因此，可使用高功率进行主要的雕刻，然后再设置成低功率进行最后的精细加工，通过这样的复合加工措施即可达到最佳雕刻效果。一套带有相应功能软件的系统，配合光纤激光器使用，可以实现诸如二维和三维的凸版、凹版雕刻等各种高品质加工。

此产品可以非常容易地集成到 OEM 厂商的二维和三维深雕加工系统中。产品输出功率的提高，使最终用户实现了更高的材料剔除率，提高了加工效率。产品采用可靠的半导体激光器泵浦，结果紧凑，转换效率高，可靠耐用。❑

汉诺威激光中心研究太阳能吸收器焊接新方法

德国汉诺威激光中心正在研究用新的方法焊接太阳能吸收器，该焊接系统的核心是一台半导体激光器，用于将铜管焊接到铝吸收器薄板上。与传统的固体激光器焊接方式相比，这种方法不但能节省大量能源，同时还能获得更高的焊接强度。据悉，德国汉诺威激光中心已经成功演示了该项目实现的焊接结果。

作为太阳能收集系统中的主要元件，太阳吸收器利用太阳的能量加热水，从而降低加热成本。但是，制造太阳能吸收器却需要大量能源。为了将铜管焊接到铝吸收器薄板上，大多数制造商都使用两台峰值能量高达 6kW 的脉冲固态激光器。这些灯泵浦激光器的工作效率相对较低，进而导致激光加工能耗高、成本昂贵。

现在，德国汉诺威激光中心使用一台功率仅 4kW 的半导体激光器来实现上述焊接过程。与传统的固体激光器相比，半导体激光器不仅具有更高的效率，而且其能更加充分地利用激光能量，因为铜和铝在半导体激光器的典型波段（800~980nm）具有较高的吸收特性。而且，半导体激光器实现的焊接点尺寸可以增大，从而能实现更高的焊接稳定性，这对于保护太阳能吸收器的涂层至关重要。

目前，该项目已经进入到了一个决定性阶段。在获得了成功的焊接结果后，该项目组正在为太阳能吸收器焊接开发一种新的激光加工头，并预计在 2011 年春天向业界展示这种新的半导体激光器焊接头。❑

CASTECH®

SPIE Photonics West PHOTONICS WEST 2011
时 间: 2011年1月25-27日
Welcome to Our Booth : #730

福建福晶科技股份有限公司（福晶科技），主要从事非线性光学晶体，激光晶体，激光光学和通讯光学元件的研发、生产和销售，其产品广泛应用于激光及光通讯领域。公司于2008年3月19日在深交所中小企业板上市(股票代码002222)。

二十多年的创业历程，公司逐步发展了熔盐法，提拉法和水溶液法等多种晶体生长技术，开发了IAD，IBS，E-Beam等多种镀膜制备工艺以适应不同的应用需求。此外，公司的检测技术和设备也处于业界领先地位，拥有Zygo，Nikon，Trioptics等各类先进检测仪器。公司产品80%以上出口美、日、德等国家和其他地区，深受国际业界的广泛推崇。

公司新大楼



产品系列

1. 非线性光学晶体
2. 激光晶体
3. 绿光、蓝光晶体组件
4. 声光和电光晶体
5. 双折射晶体
6. 闪烁晶体
7. 激光光学产品
8. 通讯光学产品
9. 红外光学产品
10. Q-开关、温控炉等


LBO


BBO


KTP


Nd:YLF


光学件产品


NEW
磁光晶体系列
TGG


NEW
超长Nd:YVO4晶体


NEW
BBO-Q开关 &
Q开关驱动源

CASTECH INC.
福建福晶科技股份有限公司
地址：中国福建省福州市杨桥西路155号 邮编：350002
电话:86-591-83710533 传真:86-591-83711593
Http://www.castech.com E-mail:sales@castech.com

产品聚焦 Product Focus

激光功率和能量计

如何选择激光功率和能量计？

测量光功率和光能量，需要了解可用的探头和仪器的类型，以及对波长响应、动态范围、破坏阈值和最大重复频率等方面的需求。

Valerie C. Coffey

激光功率和能量计主要用来测量光源的输出。无论光发射是来源于弱光源（如荧光），还是来源于高能量的脉冲激光器，功率和能量计都是实验室、生产部门或是工作现场等多种应用环境中必不可少的工具。

虽然功率计和能量计是分别提供的，但随着能够适用大量不同类型的光学传感器的通用型仪表盘或显示装置的发展，它们也被合起来称作单独的一类仪器——功率和能量计，或PEM。仪器所采用的光学传感器的类型，决定了其能测量光功率还是光能量，通常单位分别瓦特（W）或焦耳（J）。具体来讲，功率计能够测量连续波（CW）或者重复脉冲光源，其所使用的传感器通常是热电堆或光电二极管。能量计则通常用于测量脉冲激光，即单脉冲或者重复脉冲光源，其所使用的传感器包括热释电、热电堆，或者带有专门为测量脉冲光源而设计的电路的光电二极管。



图 1：Thorlabs公司为自由空间和光纤应用设计的PM100D功率计，可以兼容超过25种不同的功率和能量传感器。根据所选取的传感器，其可测量的光功率范围为100pW~250W，可测量的能量范围为3μJ~15J。当与新型超紧凑的S150C系列光纤传感器一起使用时，PM100D就变成了一款紧凑便携的光纤功率计，是现场和实验室应用的理想选择。

系统配置

一些制造商将功率或能量计分为具有控制和示值读数功能的测量部分（或仪表盘）和传感器部分（也称为探测器或探头），两者结合在一起就组成一套“测量系统”。另一些厂商将这两者统称为测量仪。无论哪种分类方式，传感器都存储有校准信息，仪表盘则测量传感器的输出电流，并参考校准表来输出数据。

在某些配置中，仪表盘会作为探测器与用户之间的接口，通过 RS-232 或者 USB 连接方式直接向电脑传输测量数据，在这种情况下，显示装置就不再是必需的了。测量数据可能包括功率、差值、总和、线性、对数值和几个通道同时衰减的曲线。大部分 PEM 仪表盘是数字式的，但是对于功率只有小幅波动的应用而言，模拟式测试仪就足以胜任了。

传感器的选择比较复杂。目前市场上应用的三种主要传感器类型有：光电二极管、热传感器和热释电传感器。光电二极管传感器由光电二极管和中性密度（ND）滤光片组成，以确保入射到探测器上的功率能够保证传感器线性工作，其中光电二极管通常选用硅（Si）、锗（Ge）或铟砷化镓等材料，每种光电二极管具有不同的峰值波长和响应范围。每个光电二极管在不同的波长处具有不同的响应度。响应度的单位是 A/W，代表了传感器将入射光转换为电流的效率。具有快速响应时间的传感器对波长敏感，因此最适用于测量低功率激光。

热传感器通过将入射光转换成热能来测量功率或能量。热传感器在 186nm~10.6μm 的波长范围内具有平坦的光谱响应，因此其适用于多波长或者非单色光的测量。光电二极管也可以测量紫外（UV）到红外（IR）波段的波长，但是其在不同波长处具有不同的响应度，因此必须将激光波长输入测量仪以获得正确的读数。在 1800nm 或更长的波长处，热探测器通常是唯一的选择。热传感器可以承受高功率激光，但是如果功率变化范围较大的话，则需要几秒钟才能达到平衡。由于不像光电二极管那样灵

编者注：

“产品聚焦”栏目旨在向读者提供所列产品的尽可能全面的介绍，并不代表本刊向读者推荐文中所提到的任何公司的任何产品。



图2：Lasermet公司的手持式ADM1000数字式测量仪，通过热探头和光电二极管探头，能在较宽的波长范围内测量功率和能量，并可以选择是否配备积分球。配备的加速电路可在700ns内获得最终读数10%以内的响应度。ADM1000可用于测量、显示高达400kHz的脉冲波形。

敏，因此热传感器不适合用于低功率测量。

热释电传感器通过将光脉冲能量转换成电压信号来测量脉冲能量。热释电传感器能响应较宽的波长范围，但是其响应曲线不如热传感器那么平坦。热释电传感器只能测量脉冲光源，并有最小带宽要求以使传感器能够“看到”脉冲。

目前市场上的许多功率和能量计都兼容这三类传感器（见图 1）。如果将通用型仪表盘和功率传感器一起使用，这套装置就是功率计；如果将通用型仪表盘和能量传感器一起使用，这套装置就是能量计。

选择何种传感器？

这部分内容将介绍哪些类型的传感器可用于测量功率，哪些可用于测量能量，以及它们的测量范围。用于测量功率的热电堆探测器往往面积较大，具有较高的损伤阈值，功率测量范围从毫瓦到千瓦。基于半导体的光电二极管探测器不但体积较小，而且灵敏度高，功率测量范围从皮瓦到毫瓦。

这三种类型的探测器都可用于测量能量。热电堆探测器是毫秒（ms）量级单脉冲测量、或者每个脉冲能量达几焦耳的高能量光束测量的理想选择。热释电探测器最适合短脉冲（脉宽从 fs 到 ms）和宽能量范围（从 50nJ 到焦耳量级）的测量。光电探测器则适合测量低能量（从 fJ 到 mJ 量级）的短脉冲（脉宽从 fs 到 ms）。每个探头和仪器模块的关键指标的性能范围有较大差异，用户在选择之前，最好要提前与产品专家了解具体情况。

光电二极管探测器可与积分球一起使用，以获得对光源的均匀和准确测量。Lasermet 公司带有积分球的光电二极管探头，通常能够测量的功率小至 1μW；紧凑型探头能够测量的功率小至 1nW，光束可以直接照射到这种光电二极管上（见图 2）。热探头通常可以测量的功率低至 1mW。

对于高功率光源，Lasermet 公司的光电二极管探头通常可以测量的最大功率为 1W，如果采用滤光片截止掉 90%或者 99%的光束（尽管这将引起反射并且会影响测量的准确度），则可以测量更高的功率。热探头可以测量的功率高达 20W，特制的热探头可以测量功率高达 100W 甚至几千瓦的激光。

光电二极管拥有最快的响应速度。Lasermet 公司的 IPDH-10S 和 IPDH-10C 光电二极管与 ADM1000 一起使用时，频率响应可达到 400kHz，这比市场上其他任何探测器的响应速度大约快 1000 倍。这样的响应速度能够分离和显示单脉冲波形，并且可以测量出单脉冲的能量。

光电二极管也提供了更高的热稳定性，而热探测器则容易受到热干扰和热漂移的影响，因此更难准确使用。目前市场上已经有一些热探测器结合了温度稳定技术，从而大大减少了热漂移。

关键指标

选择 PEM 时首先要考虑的指标是传感器的波长范围以及对功率和能量的测量范围。测量仪应该能够在未饱和的状态下给出测量值。通常饱和电流在 10mA 量级（峰值响应处的功率约为 10mW）。高功率的测量通常采用积分球或光衰减器来降低饱和。系统的另一个重要指标是最低可测量的功率 / 能量水平处的信噪比。典型的噪声水平在几 mW 量级，高灵敏度模块可测量的功率低至 1μW。

在挑选了合适的探头来测量激光或宽带光源后，下一个要考虑的问题是破坏阈值。用户需要了解被测量的



图3：OSI公司的Juno是一种多功能紧凑型PEM，其与OSI公司的所有“智能型”热释电、热电堆和光电二极管传感器兼容。Juno的波长测量范围从紫外到远红外，能量测量范围从100fJ到几百焦，功率测量范围从10pW到10kW，光源的重复频率可高达10kHz。Juno通过USB接口将笔记本或台式电脑转换成一个激光PEM，是现场和实验室应用的理想选择，另外其也可作为内置的OEM传感器。

产品聚焦 Product Focus

功率和能量密度，以免探头被破坏。这需要了解光斑尺寸以及能量分布。高斯光束在光束顶部具有非常高的功率 / 能量密度。

脉宽是测量脉冲激光时需要考虑的一个关键因素。大多数传感器具有不同的基于峰值功率的破坏阈值；当脉冲能量相同时，短脉冲相比较而言将具有高得多的峰值功率，更容易破坏传感器。对于高于破坏阈值的应用，用户可采用的衰减手段包括分光器、漫反射和中性滤光片等。

另一个重要的指标是不确定度，这关系到准确性和一致性。大多数公司根据美国标准技术协会（NIST）制定的标准对其仪器进行校准，这些标准提供了基于标准物理常数的不确定度，例如水中的温升。准确度的误差应以百分比的形式对每个传感器和显示器进行标注（见图 3）。

每种型号的探头和测量仪器的关键指标的工作范围相差巨大。选择的关键是要使激光器或光源的输出参数与探测器和仪器的指标相匹配，即测量仪器的指标应该覆盖激光器的输出参数。



图 4：Gentec-EO公司的Mach 5型数字焦耳计，用于测量高重复频率的DPSS、调Q激光器和重复频率高达130kHz的超快光纤激光器的输出，测量精度高达12位。Mach 5在最大重复频率下可以存储多达400万个脉冲（40秒的数据）。Mach 5的探头包括热释电探测器、硅探测器和InGaAs探测器，可测量的能量范围从μJ到mJ量级，测量精确度可达4%。

权衡与取舍

选择 PEM 时需要进行许多权衡与取舍。例如，如果用户需要测量光束直径小的高功率激光，就需要具有高损伤阈值的探头。但是具有高损伤阈值的 PEM 的灵敏度并不高，所以无法用同一个探头读取极高和极低的功率。用于更高读数的能量探测器也会碰到同样的情况。此外，某些特定产品可以测量单个脉冲的高能量，但是它们只能在低重复频率下工作，不能在高功率下应用。因此，在实际应用中，用户需要根据具体情况进行一定的权衡。

虽然 PEM 已经出现了很长一段时间，但激光和太赫兹源技术的新进展，已经为光源测量带来了新的挑战，这些测量需要独特的传感器和仪器。自从高重复频率 DPSS 和光纤激光器出现以来，测量和控制重复频率为 100kHz 甚至更高频率的脉冲激光器的输出，曾一度让人们面临很大的困难。Gentec-EO 公司宣称其 Mach 5 是一款能够很好解决上述需求的数字焦耳计，希望用户能真正从中受益（见图 4）。❑

蓝菲光学防晒紫外线透射率分析仪——新的 FDA 检测方法

蓝菲光学作为 UV-2000S 紫外线透射率分析仪的制造商，开发出一套新的软件规范，使防晒产品能够根据最新的全球体外测试标准而形成自身特色。这项功能比美国食品药物管理局（FDA）发布体外防晒产品测试最终条例还抢先了一步。



UV-2000S 紫外线透射率分析仪专为快速测量防晒产品的光谱透射率而设计，特别适合 SPF50 及以上高防护指数、以及 UVA/UVB 防护指数的产品。其系统应用软件能自动将检测数据转换为防晒系数（SPF）、UVA 与 UVB 的比率、临界波长（欧洲化妆品协会 COLIPA 2009）、Boot 星等标示、UVA I/UV 比率（FDA 推荐的规则）和 UVA-PF （COLIPA 方法）。

无论是裸基材还是产品基片，用户都能基于这一平台对测试数据进行浏览、存档、重新打开和导出操作，并支持不断发展的地区性方法。蓝菲光学还计划将提议的修改整合到欧盟委员会指导方针、FDA 专著中，并随着相关监管部门发布测试结果，蓝菲光学也计划在发布的软件中增加新的 ISO 标准。❑

上接第30页

（PMMA）、聚碳酸酯开发出了专门的镀膜过程。最近，Fraunhofer IOF 已经为奥迪车制造了一种聚合物仪表盘窗口，其在外表面上通过等离子体离子辅助沉积（PIAD）方法沉积了坚硬的防反射膜（见图 5）。虽然奥迪仪表盘窗口是一个展示样品，并没有投入生产，但是结果已经令人非常满意，它在降低车辆的重量方面具有较大的潜力。❑

参考文献：

1. U. Schulz et al., Chinese Opt. Lett., 8, Supplement, 1–3 (April 2010).

感谢您的关注，
激光行业盛会，
有您才更完美！

Thank You For Your Attention ,
The Laser Industry Event ,
More Perfect With Your Coming !



LTF
Laser Technology Fair

International Laser Technology Equipment And Product Application Fair In China (Shenzhen).2011

2011中国（深圳）国际

激光技术装备及产品应用展览会

2011年5月26-28日 深圳会展中心
May 26th -28th, 2011 Shenzhen Convention & Exhibition Center

指导单位：深圳市人民政府
主办单位：中国国际钣金工业协会
亚洲金属工业协会
三汇国际集团有限公司
承办单位：广东三汇国际会展有限公司
特别支持：深圳市大族激光科技股份有限公司
德国DILAS半导体激光有限公司
中国国际高新技术成果交易中心

Supervised by: People's Government of Shenzhen
Sponsor: China International Sheet Metal Work Industry Association
Asian Metals Industry Association
Sunward International Group Co., Ltd
Organizer: Guangdong Suwe International Exhibition Co., Ltd
Special supporter: Han's Laser Technology Co., Ltd
Dilas Diode Laser , Inc.
China Hi-tech Fair Center in Shenzhen

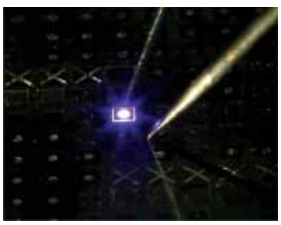
咨询电话：020-8961 9841 18922380208 **LTF2011**

新品展示 New Products

相干公司的COMPexPro系列准分子激光器

相干公司的COMPexPro系列准分子激光器可提供193nm、248nm、308nm和351nm的工作波长，具有极佳的输出光束均匀性和极好的输出能量稳定度（1%，rms）。柔和的陶瓷预电离技术的采用实现了更为均匀和有效的气体放电，从而保证了COMPexPro系列准分子激光器的突出性能。


COMPexPro准分子激光器


剥离后的LED芯片

COMPexPro系列准分子激光器能对所有类型的材料实现精准和可重复性烧蚀，在用PLD方法进行薄膜生长和用LA-ICP-MS方法进行固体样品痕量分析的研究中，这种优势更加突显。特别是LED后端制备的激光剥离过程，就是依赖于COMPexPro系列准分子激光器的高输出脉冲能量来实现单个激光脉冲对大面积上多个LED芯片的剥离的。

COMPexPro系列准分子激光器拥有一个内置气体净化器，充一次气体可以自动运转数周。COMPexPro系列准分子激光器提供高达100Hz的独立可选的脉冲重复频率；水冷仅需要高于20Hz的重复频率。

COMPexPro系列准分子激光器仅需单向供电，且体积小巧（1300mm×380mm×800mm），能非常容易地与加工系统和实验室设备整合在一起。

www.coherent.com.cn

炬光科技推出808nm 400μm光纤耦合半导体激光器

西安炬光科技有限公司推出单Bar光纤耦合808nm 400μm半导体激光器。这是一款融合了炬光科技多项独创的封装、光学及结构设计等新技术的产品，经过炬光科技及有关客户长时间的寿命测试验证，其高可靠性和高稳定性完全能满足工业激光市场的需求。该产品的批量上市，可为用户提供更多的工业应用解决方案。



该光纤耦合半导体激光器的光纤芯径为400μm，数值孔径为0.22，光纤接口采用了标准的SMA905接口，稳定连续输出功率为30W，光电转换效率大于35%，输出光斑均匀，是医用材料微加工处理和固体激光器的理想泵浦源。

炬光科技可根据客户需求定制不同功率、不同波长的模块产品。

www.focuslight.com.cn

更正：《激光世界》2010年11月刊第36页炬光科技有限公司的网址www.focuslight.com应为www.focuslight.com.cn，特此更正。

TECHSPEC高分辨率大幅面镜头提供两倍光通量

Edmund Optics（EO）公司推出的TECHSPEC高分辨率大幅面镜头，提供出色的分辨率及特定设计用于行扫描和大面积扫描的相机。该镜头覆盖高达62mm的大幅面感应器，以满足各种应用星需求。



TECHSPEC高分辨率大幅面镜头提供F4的最大光圈，提供的光通量是同类产品的两倍。其能减少色差，即使在最大光圈处也能提供出色的清晰度和对比度。可提供七种标准镜头选项，标称放大率值0.33~ 3.0倍。该镜头特有一个可变光圈和前置滤光片，方便使用。多个调焦及安装选项适合大多数相机接口。

这些镜头是网络检查、平板（液晶、等离子及太阳能）检测、工厂自动化、食品和饮料检验等各种不同应用的理想选择。产品为现货供应，可立即交付。

www.edmundoptics.com

Jaz-SPL脚本语言为海洋光学Jaz模块光谱仪提供全新支持

海洋光学Jaz模块传感系统现在提供了Jaz脚本语言（Jaz-SPL）支持，使用户可以自定义光谱仪数据采集、处理和导出功能。



Jaz是可堆叠光谱仪模块，模块之间共享传输通讯。Jaz堆叠模块包含一个CCD阵列光谱仪，可根据各种各样的检测需求进行优化配置；还包含一个带显示屏的微处理器。利用Jaz-SPL脚本语言，光谱仪自带的微处理器可以进行简单数据采集、处理、并将结果导出到SD卡。配备以太网的Jaz可以通过个人电脑进行远程监控，或者不使用电

脑，而是直接运行存储在 SD 卡中的脚本。该软件还包括一些脚本实例和一本编程语言参考手册，为用户提供参考帮助。

模块化的 Jaz 产品，允许用户根据需要及应用选择光栅和狭缝，来优化配置系统，满足各种各样的实验室或工业现场应用，并提供定制服务。利用新软件，用户将能够进一步根据需求定制检测内容，而无需专门的编程知识。

www.oceanopticschina.cn

RIO公司推出PLANEX™和ORION™模块

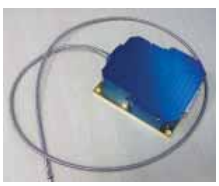
雷德芬集成光学公司（RIO）推出业界领先的 PLANEX™ 和 ORION™ 模块，其在无外部光放大器的条件下可提供高达 20mW 的最低输出功率。除了更高的输出功率外，该模块在线宽、相位噪声、相对强度噪声和 Telcordia 可靠性方面都表现出色。



PLANEX™ 和 ORION™ 激光器工作在 C 波段，波长范围 1530~1565nm，并在小范围内可调谐。这两款产品具有高输出功率、低噪音及超窄线宽（小于 3kHz）特性，为需要高准确性、高可靠性、高分辨率的应用提供了理想的解决方案。这些应用包括遥感、分布式温度、应变、声光纤监测、高分辨率光谱仪、激光雷达以及其他高精密计量应用。目前两种模块均可现货供应。

www.rio-inc.com

炬光科技推出多波长光纤耦合模块



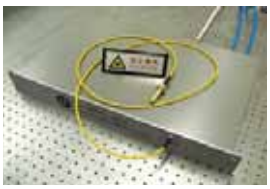
西安炬光科技有限公司推出多波长光纤耦合模块，可以同时或单独输出 980nm 和 1470nm 两种波长的激光，光纤接口采用标准的 SMA905 接口，光纤芯径为 800μm，数值孔径为 0.15。该产品带有红光指示、温度探测及功率监测系统。其先进的结构设计，确保了模块的散热性能及高可靠性。

炬光科技可根据客户需求定制不同功率、不同波长组合的模块产品。

www.focuslight.com.cn

西安光机所推出400W工业级光纤激光器

中科院西安光机所成功推出 400W 工业级光纤激光器。光纤激光器由于具有光束质量好、电光效率高、寿命长、体积小、激光柔性输出、使用方便等诸多优点，在科研、医疗工程、工业加工等领域均有广泛应用。



400W 工业级光纤激光器的成功研制标志着西安光机所已具备高功率全光纤激光器的产业化技术基础，对于我国高功率光纤激光事业及其相关产业的发展将起到积极的推动作用。

TECHSPEC 锗红外非球面透镜提供衍射极限的聚焦性能

Edmund Optics（EO）公司推出的 TECHSPEC 锗红外非球面透镜，可提供标准版和混合配置版，可提供接近衍射极限的聚焦性能。



透镜有多种镀膜选择，每种非球面透镜有无镀膜或有 BBAR 镀膜可选，提供极大的灵活性。未镀膜产品的透射率小于 50%，在使用未镀膜透镜时，用户应考虑加入相应的减反膜（AR）。具有 BBAR 镀膜的透镜的透射率大于 95%，反射率小于 0.5%，是各种 OEM 应用的理想之选。标准锗红外非球面透镜的直径为 25mm，焦距范围 12.5~ 75mm，具有无镀膜、3~5μm 镀膜及 8~12μm 镀膜三种版本。这些镜头非常适合于用于单色光源如量子级联激光器中，是标准平凸镜头的理想替代产品。所有产品为现货供应，可立即交付。

www.edmundoptics.com

普林斯顿光电公司推出808nm垂直腔面发射激光器

普林斯顿光电公司推出型号为 HPIL-3W808 的垂直腔面发射激光器模块，输出波长 808nm，可用于商业硅相机和军用夜视镜。

模块输出功率 3W，外观尺寸为 2×2×2（英寸），可用于几百米之外的照明。光束发散角为 18 °，消除了光斑及干涉带，可根据客户需求定制发散角小于 1 ° 的模块。输出光为随机偏振方向的圆光束，VCSEL 阵列为二维，谱线最大宽度小于 3nm，波长随温度的变化为 0.06nm/℃。

该产品无需配备冷却风扇，可在室外 -20~40 ℃环境工作，适用于集成硅相机的低成本夜视仪。

广告索引 Advertisers & Web Index

www.laserfocusworld.com.cn

激光世界 LaserFocusWorld China

Advertiser	广告商名称	网址	页码
Beamtech Optronics Co., Ltd.	北京镭宝光电技术有限公司	www.beamtech-laser.com	15
Beijing Guojing Infrared Optical Technology Co., Ltd.	北京国晶辉红外光学科技有限公司	www.guojing-tech.com	3
Castech Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	33
Daheng New Epoch Technology Inc.	大恒新纪元科技股份有限公司光学薄膜分公司	www.dahengoptics.com	9
LTF 2011	2011中国（深圳）国际激光技术装备及产品应用展览会	www.chinaltf.com	37
Klastech Laser Technologies	环球（香港）科技有限公司	www.klastech.com	4
LASER World of PHOTONICS CHINA	慕尼黑上海激光、光电展	www.laserchina.net	IBC
Newport Corporation (Spectra-Physics, A Newport Corporation Brand)		www.newport.com/SP50	BC
Ocean Optics (Shanghai) Co., Ltd.	蔚海光学仪器（上海）有限公司	www.oceanopticschina.cn/gogogo.asp	5
RAYLASE Laser Technology (Shenzhen) Co., Ltd.	瑞镭激光技术（深圳有限公司）	www.raylase.cn	2
Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.	深圳市瑞丰恒科技发展有限公司	www.rfhlasertech.com	13
Strategies in Light China		www.sil-ledchina.com	IFC
Yixing DOCERAM Engineering Ceramics Co., Ltd.	宜兴杜塞拉姆工程陶瓷有限公司	www.doceram.cn	19



在线订阅全年免费的《激光世界》杂志，请登陆 www.laserfocusworld.com.cn

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)

ACT International (雅时国际商讯)
Unit B, 13/F, Por Yen Buiding,
No. 478 Castle Peak Road,
Cheung Sha Wan,
Kowloon, Hong Kong
Tel: 852 2838 6298

Publishing Director (出版总监)
Adonis Mak (麦协林)
adonism@actintl.com.hk

Publisher & VP of Sales & Marketing (社长及销售副总裁)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk

General Manager - China (中国区总经理)
Michael Tsui (徐旭升)
michaelt@actintl.com.hk

Editor-in-Chief (总编辑)
Rossie Pang (庞会荣)
rossiep@actintl.com.hk

US Offices

PennWell Corporation
98 Spit Brook Road, Nashua,
NH 03062-5737 USA

Group Publisher
Christine Shaw
christines@pennwell.com

Group Editorial Director
Stephen G. Anderson
stephena@pennwell.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

Hong Kong (香港特区)
VP of Sales & Marketing (销售副总裁)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

Shenzhen (深圳)
Sales Director-China (中国区销售总监)
Angela Zheng (郑晓勤)
angelaz@actintl.com.hk
Tel: 86 755 2598 8571

Beijing (北京)
Oasis Guo (郭镜园)
oasisg@actintl.com.hk
Tel: 86 10 5860 7751

Shanghai (上海)
Hatter Yao (姚丽莹)
hattery@actintl.com.hk
Tel: 86 21 6251 1200

Asia (亚洲)

Japan (日本)
Manami Konishi
konishi-manami@ics-inc.co.jp
Tel: 81-3-3219-3641

Taiwan (台湾地区)
Monica Liu (刘方美)
monica@arco.com.tw
Tel: 886-2-23965128 x 204

Singapore, Malaysia (新加坡，马来西亚)
Peggy Thay
peggy.thay@publicitas.com
Tel: 65-6836-2272

North America (北美)

New England, Eastern Canada
Diane Donnelly
dianed@pennwell.com
Tel: 1-508-668-1767

Southeast, Midwest, Mid-Atlantic
Jeff Nichols
Jeffn@pennwell.com
Tel: 1-413-442-2526

US-West and Western Canada
Paul Dudas
pauld@pennwell.com
Tel: 1-949-489-8015

Inside Sales-Reprints
Katrina Frazer
katrinaf@pennwell.com
Tel: 1-603-891-9231

Europe & Middle East (欧洲及中东)

United Kingdom, Scandinavia
Tony Hill
tonyh@pennwell.com
Tel: 44-1442-239547

France, Belgium, Spain, Greece, Portugal, West Switzerland and Netherlands
Luis Matutano
luism@pennwell.com
Tel: 33-1-3076-5543

Germany, Austria, North Switzerland, Eastern Europe
Holger Gerisch
holgerg@pennwell.com
Tel: 49-172-2160933

Israel
Dan Aronovic
aronovic@actcom.co.il
Tel: 972-9-899-5813

中国光学行业最佳展示平台

China's Platform for the Photonics Community

慕尼黑上海激光、光电展

LASER World of PHOTONICS CHINA

SOLUTIONS in LIGHT

2011年3月15-17日

上海新国际博览中心

展会热线：+86-21-2020 5587

六大展区

- 激光生产加工
- 光学和光学制造
- 机器视觉
- 激光器和光导发光元件
- 测量测试技术
- 光信息与通信技术

展品范围

- 激光器和光导发光元件
- 光学
- 光学生产技术
- 传感器、测试测量
- 服务
- 光学系统（按应用工程）
- 生产工程
- 光学测量系统
- 光学信息技术
- 医疗技术
- 成像技术
- 照明技术
- 光通信

同期活动

- 第六届国际应用激光技术中国研讨会
- 第六届激光技术论坛暨“2010中国光学重要成果”发布会

慕尼黑展览（上海）有限公司
上海市浦东新区源深路1088号
葛洲坝大厦11层，200122
电话：+86-21-2020 5500
传真：+86-21-2020 5688
laser@mmi-shanghai.com
www.laserchina.net

深圳办事处
深圳市福田区福华三路168号深圳
国际商会中心1411室，518048
电话：+86-755-3335 8733
传真：+86-755-3335 8730
szl@mmi-shanghai.com
www.laserchina.net



让我们开始庆祝吧！

50年前，Spectra–Physics 成为了第一家商业激光器公司——这是整个激光器行业的先锋和兴奋剂！在过去的50年间，Spectra–Physics 带来了很多创新性的“第一”，而这些“第一”已经发展成为了行业标准。值此50周年华诞，我们庆祝这些具有里程碑意义的成绩！今后我们将一如既往地与我们的客户一起工作，提供能满足用户需求的产品，继续开创能在未来几年内推动整个激光行业向前发展的更多新的“第一”。

我们不仅对过去感到骄傲，更对未来充满激情。我们诚邀您参加 Spectra–Physics 不断开创“第一”、恪守承诺继续与客户合作创新的50 周年庆典。

欲了解 Spectra–Physics 50周年庆典的更多详情以及专项活动，敬请登录 **www.newport.com/SP50**，或致电 **+86-10-6267-0065**。



©2011 Newport Corporation

50 YEARS 1961-2011
Spectra-Physics.
A Newport Corporation Brand