



光 学 和 光 电 子 产 业 的 主 导 刊 物

激光世界

LaserFocusWorld® China

www.laserfocusworld.com.cn

2013年1月 第1期

ISSN: 1817-6917

激光器市场回顾与展望

克服经济衰退

激光器市场逆势增长 7

应用天地

紫外激光器提升PCB制造工艺 20

飞秒激光实现无热微加工 23





Photonix 2013

EXPO & CONFERENCE

包括: 13th Fiber Optics Expo [FOE2013] 6th Optics & Sensing Technology Expo 6th Laser & Applications Expo

日期: 2013年4月10日[星期三]—12日[星期五]

会场: 日本东京有明国际展览中心 (Tokyo Big Sight, Japan) 主办单位: Reed Exhibitions Japan Ltd.



亚洲最具代表性的光学产业盛会!

汇集500家*参展商及20,000名*专业来场观众!

请您一定莅临展会, 现场体验最新光学技术!

(*预计)

同期展览

23rd
FINETECH JAPAN
FPD Exhibition & Conference

4th
FilmTech Japan
Highly-functional Film Technology Expo

更多信息, 请参考 ▶▶ www.photonix-expo.jp/zh-cn/

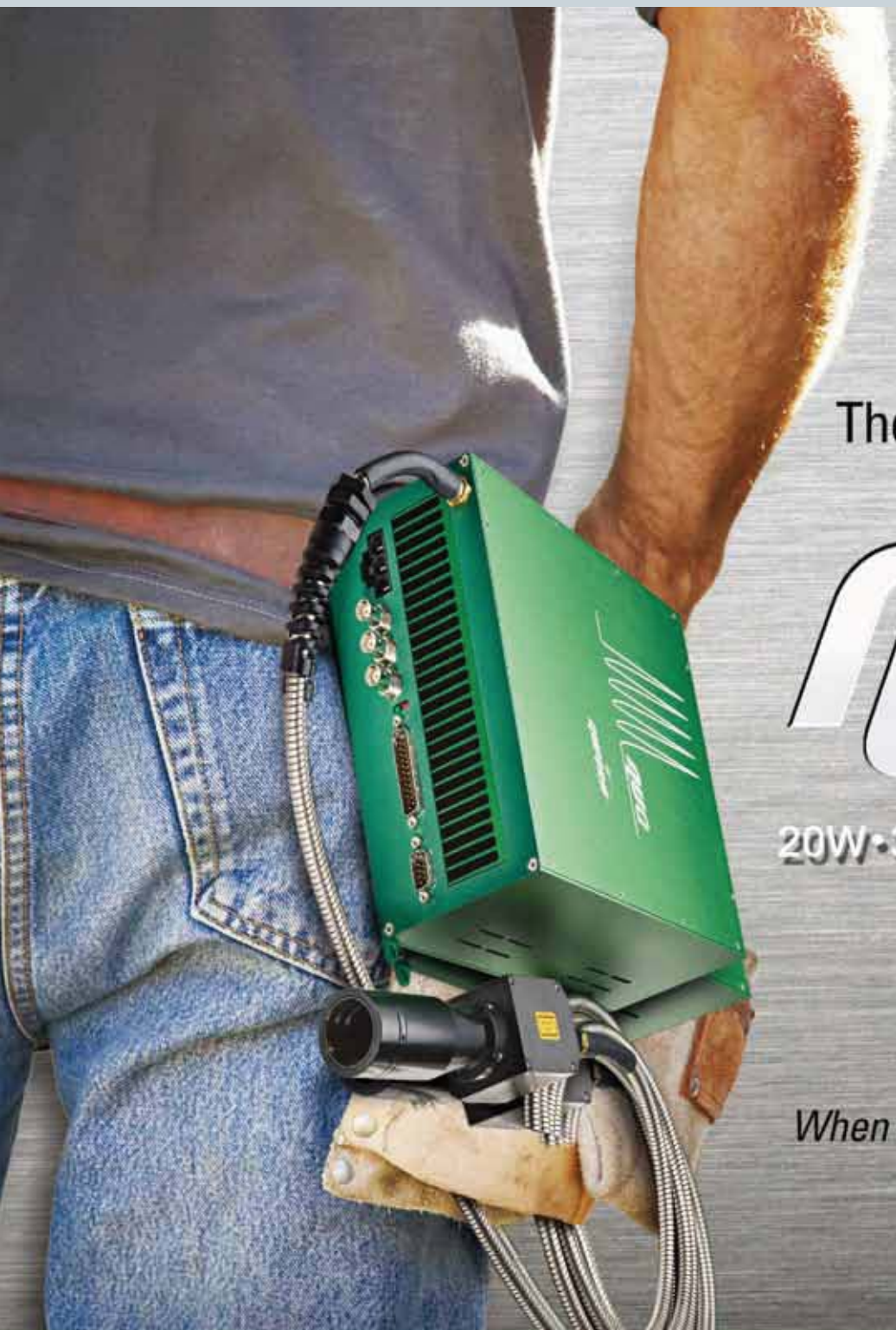
Organised by

Reed Exhibitions

Photonix 展会事务局, Reed Exhibitions Japan Ltd.

18F Shinjuku-Nomura Bldg., 1-26-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-0570, Japan
电话: +81-3-3349-8518 传真: +81-3-3349-8530 电邮: photonix@reedexpo.co.jp





The Only Marking
Tool You Need

NuQ

20W•30W•50W 光纤激光器
高端激光打标之选

When Beam Quality Matters

NuQ系列打标用光纤激光器

- 最佳光束品质-更深，更快，更精细
- 紧凑式设计-与现有机械与控制接口完全匹配
- 快速开启与关闭-实现最高的生产效率
- 无重影与漏点-精密与品质的保证



866.466.0214 / www.nufern.com

rofin 集团成员企业

详情请洽：德商罗芬激光技术（上海）有限公司 Tel:86-21-68552216 info@rofin-baasel.com.cn



紫外系列固体激光器



MBurn355, 355nm (1.5w-5w)

Pulse Width
< 6ns



Excellent355, 355nm (2w-10w)

Pulse Width
< 16ns

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 激光波长354.7nm,重复频率覆盖范围宽 (单脉冲至200kHz)
- 2 极短的脉冲宽度,特别微小的热影响加工区域。
- 3 优越的光束质量 ($M^2 < 1.2$), 在所有频率范围内都严格保证。
- 4 在线刷新谐波控制技术, 超长时间的功率稳定性。
- 5 独特的调Q控制技术, 适合各种激光应用控制需求。
- 6 全数字智能电源控制技术, 可通过RS232外部控制激光器。
- 7 工业化产品流程生产控制技术, 产品质量稳定可靠。

欢迎参观我们的展位

2013年3月19-21日
上海新国际博览中心W1-W3展馆
展位号码: 3号馆3141



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@rfhlaser.com

<http://www.rfhlaser.com>

激光世界

LaserFocusWorld China

2013年1月 第1期

www.laserfocusworld.com.cn

目录

市场观察

7 市场回顾与展望: 克服经济衰退 激光器市场逆势增长

光子学前沿

15 绿光激光二极管: 氮化物二极管光源迈向更长的绿光波长

应用天地

18 激光显示: 高功率 RGB 激光引擎为数字投影显示提供动力

20 紫外激光器: 紫外激光器提升 PCB 制造工艺

23 超快激光: 飞秒激光实现无热微加工

技术中心

25 量子级联激光器: 长波长量子级联激光器在 $9\mu\text{m}$ 获得 2W 功率

26 光子晶体光纤: 压力辅助实现 PCF / SMF 低损耗熔接

27 高功率光纤激光器: 高功率光纤激光器用于石油钻探

产品特写

28 科学仪器: 深度揭秘好奇号火星车搭载的科学仪器 ChemCam

6 新闻简讯

30 新品展示

32 广告索引

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。



新 三轴激光动态聚焦子系统 紧凑机身

紧凑机身 - 卓越表现



AXIALSCAN-12

- 高达30,000毫米/秒的动态聚焦处理速度
- 轻松进行三维空间处理，非平面、倾斜面和弯曲面的扫描处理
- 简易方便地可与光纤激光器以及其它种类激光器进行集成
- 最小的光斑直径和高质量的标刻效果
- 工作范围 100 mm x 100 mm 至 300 mm x 300 mm

RAYLASE AG
Argelsrieder Feld 2-4
82234 Wessling
Germany
电话: +49-(0)8153-8898-0
传真: +49-(0)8153-8898-10
电子邮件: info@raylase.com
www.raylase.com

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
电话: +86-(0)755-8222 8324
传真: +86-(0)755-8222 8193
电子邮件: info@raylase.cn
www.raylase.cn

RAYLASE
focus on laser





CONTENTS

激光世界
LaserFocusWorld China
January 2013 Issue 1
www.laserfocusworld.com.cn

Market Watch

7 Review and Forecast: Laser markets rise above global headwinds

Photonic Frontiers

15 Green Laser Diodes: Nitride diode sources grow greener

Applications

18 Laser Display: High-power RGB laser engine powers digital projection displays

20 Ultraviolet Lasers: UV lasers improve PCB manufacturing processes

23 Ultrafast Lasers: Femtosecond laser machining without heat

Technologies Center

25 Quantum-Cascade Lasers: Long-wavelength QCL emits 2 W at 9 μm

26 Photonic-Crystal Fibers: Pressure-assisted PCF/SMF splices are low-loss

27 High-Power Lasers: Fiber lasers drill for oil

Featured Product

28 Scientific Instruments: Depth secret of the scientific instrument ChemCam carried by Curiosity Mars Rovers

6 News Breaks

30 New Products

32 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.



经济低迷中逆风飞扬

伴随欧债危机持续蔓延、中国经济发展放缓、全球经济衰退以及令很多人感到惶恐不安的世界末日传言等等诸多负面因素，2012 年画上了句号。对于这个充满不确定性和忧虑重重的一年，我们去年曾预计 2012 年全球激光器市场总销售额为 75.7 亿美元，增长 1.2%；而 2012 年全球激光器市场的实际总销售额约 83.4 亿美元，增长 5%。事实表明，2012 年全球激光器市场在艰难的大环境中逆势增长，激光器在通信与光存储、材料加工、科研与军事、医疗美容、仪器与传感器以及娱乐显示等大多数应用领域中都保持了增长势头。预计 2013 年全球激光器市场的总销售额将增长 3%，达 86.2 亿美元。

激光器虽然已经有了 50 多年的历史，但是其正在作为一种“新技术、新工具”走进人们的生产生活，凭借自身独特的优势继续取代传统的非激光技术，有时也在不断开拓其他技术无法胜任的新应用，这也是保持市场持续增长的根本。

娱乐显示市场正在脱颖而出。虽然目前这部分市场占据的份额还相当小，但是从统计数字看，在过去的两年中，该市场正在以每年大约 40% 的速度快速增长，预计 2013 年也将实现超过 30% 的增长。因此这部分市场将是未来的一大亮点。

激光投影仪和激光表演是拉动该市场的两大力量。激光表演能营造炫酷的舞台效果，其已经被各种娱乐、体育赛事、旅游景点以及各种活动中广为采用。智能手机和平板电脑的快速普及，正在改变人们的生活及娱乐行为，这将为激光投影仪带来增长空间。这对激光二极管厂商来讲是极大的利好。目前绿光激光二极管在技术上的不断发展与突破，将为该市场的繁荣推波助澜。

光纤激光器从过去的黑马变成了快马，应用越来越多、越来越广。在福布斯发布的“2012《财富》100 家增长最快的公司排行榜”中，IPG 排名第 9 位，仅列风靡全球的苹果公司之后，其三年的平均年收入增长率 37%，利润增长为 100%。坚挺的数字证明了市场对光纤激光器的青睐，以至于很多厂商开始进入该市场捞金，未来的竞争将会增强，大厂商垄断的格局有望改观。

超快激光实现的精密微加工也是一个热点。在精密电子制造、医疗器械与手术材料制造、精密机械制造等应用中，超快激光将是理想的加工工具。另外在医疗与美容方面，激光也在切实地让人们感受到它所带来的益处。

虽然经济大环境并不景气，但是激光技术正在成为亮点，点亮更好的生产与生活，点亮更多希望！□

本刊编辑部

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 michael@actintl.com.hk
中文版主编 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 ifwc-sub@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 Conrad Holton
电话 (1) 603-891-9161
电邮 cholton@pennwell.com
Europe D. Jason Palmer
电话 (44) 7960 363308
电邮 djonpalmer@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

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 gallo@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
© 2013 版权所有 翻印必究



新闻简讯

News Breaks

武汉锐科建高功率光纤激光器研发基地

武汉锐科高功率光纤激光器研发基地项目（一期）开工仪式在未来科技城隆重举行。

武汉锐科高功率光纤激光器研发基地建设项目是武汉光电产业的重点项目，占地 80 余亩，总投资 2.68 亿，项目建成将成为中国最大的高功率光纤激光器研发及生产基地。该项目的启动是武汉锐科光纤激光器技术有限责任公司发展的里程碑，也是武汉光电产业浓墨重彩的一笔，对中国光电行业的发展具重大意义。

激光熔覆加工范围拓展到内径熔覆

激光熔覆通常只限于在容易接触到的工件表面实施加工。最近加拿大 Joining Technologies 公司将该技术的加工能力拓展到了内径激光熔覆，并与 Fraunhofer ILT、Pallas Oberflächentechnik 和 Laserline 公司合作，提供了一个专门的内径激光熔覆加工站。

新的激光熔覆加工头安装于一个计算机控制的处理系统中，可以加工的最小内部直径为 2.75 英寸，最大加工深度为 500 mm。如果从工件的两端加工，内径熔覆可加工的最大长度可达 1000 mm。通过实施机器人熔覆加工，可加工直径 72 英寸、长 40 英尺、重 6 吨的工件。

Jenoptik 向亚洲客户交付高功率光纤激光器 用于高速切割

Jenoptik 公司激光材料加工部门表示，其已向一家亚洲客户交付其首款新型光纤激光器 JenLas CW 1000，用于金属材料的高速切割。据悉在该产品出色地通过客户的一系列要求苛刻的应用测试后，公司今年年底还将向该客户交付更高功率的光纤激光器。

JenLas CW 1000 是一款单模高功率光纤激光系统，具备卓越的功率稳定性和较长的使用寿命。其可提供 1000W 的输出功率，适用于各种金属材料的高速、高质量、高效切割与焊接。

GE 航空收购激光添加制造企业生产新型发动机

GE 航空集团宣布已收购 Morris Technologies 公司以及其姊妹公司 Rapid Quality Manufacturing。这两家公司均是激光添加制造领域的佼佼者，同



时也是 GE 航空集团的下一代 LEAP 喷气式发动机的零部件供应商。收购这两家公司，将有助于 GE 航空集团在未来五年内拓展工程与制造能力，以满足其不断增长的喷气发动机生产的需求。

采用激光添加制造技术生产的 LEAP 发动机，质量更轻，能显著降低燃油消耗，每年能节约数百万美元的燃料成本。

Thorlabs 收购中红外半导体激光器公司 Maxion

Thorlabs 公司收购了中红外半导体激光器制造商 Maxion Technologies 公司。后者的带间级联 (IC) 激光器和量子级联 (QC) 激光器产品，能够为化学传感、红外对抗以及自由空间光通信中等应用提供 3~12 μm 的产品解决方案。

此举将为 Thorlabs 现有的半导体激光器技术提供完美的补充，使 Thorlabs 能够生产全系列的半导体激光器，输出波长范围覆盖 0.7~12 μm，使其成为工业传感、医疗、生命科学、电信 / 仪器仪表客户的可靠的商业合作伙伴。

Trumpf 设立新公司开发生产超短脉冲激光器

Trumpf 设立了一家专门开发生产超短脉冲碟片激光器的公司——Trumpf Scientific Lasers。超短脉冲激光器非常适合于科研应用，Trumpf 此举的目的是希望开拓新的科研市场。

新公司位于德国慕尼黑，是 Trumpf 公司与马克斯普朗克量子光学研究所联合成立的一家合资企业。新公司会将 Trumpf 公司的产品范围扩大到包括超短脉冲激光器的更广范围。Trumpf 还希望与科研领域的思想认识交流，能够为工业激光器的新发展提供领导力量。

罗芬宣布 2012 财年营业额增长 12%

工业激光系统制造商罗芬宣布，公司 2012 财年（截至 2012 年 9 月）的营业额比上个财年增长了 12%。2012 财年，公司的总营业额超过 1100 万英镑，税前利润高达 50 万英镑。罗芬表示，2012 年公司的营业额和利润都非常喜人，是近年来表现最好的一年。此外，公司 2012 年安装的激光器数量也创下新高。

罗芬 35 年的激光研究与开发历史，为其积累了丰富的经验和技术。目前，罗芬已为世界各地 4000 多家客户安装了超过 42,000 台激光器。





激光器市场回顾与展望

克服经济衰退 激光器市场逆势增长

面向容易受到国家债务趋势和消费者花费情况影响的细分市场的激光器供应商，将继续苦苦挣扎；然而总体而言，激光器正在作为一种“工具”继续取代传统的非激光技术，并且销售业绩节节攀升。

Gail Overton, Allen Noguee, David A. Belforte, Conard Holton

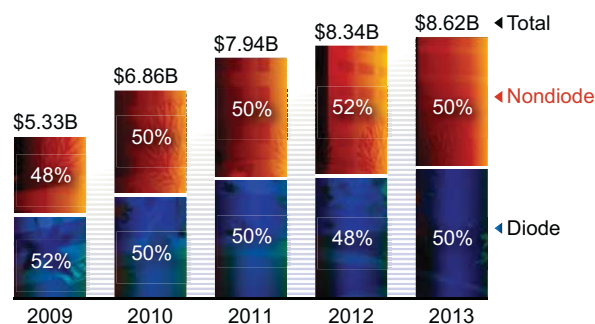
在全球经济持续低迷不振的大环境下，激光器制造商在“经济余震”中所经历的不确定性和担忧，在经济大衰退之后的几年内将依然存在。然而从长远销售预期来看，在很多几乎不受地域或全球性经济衰退影响的领域，激光正作为一种成熟的、对经济增长发挥重要作用的技术，呈现出上扬态势。尽管预计全球债务危机将会限制 2013 年的某些资本设备支出，但是激光器将有望凭借“能实现制造自动化、提高效率、降低能耗，进而使企业在经济风暴中更具竞争力”的优势脱颖而出。

目前激光已成为一种成熟的工业工具，已经有越来越多的激光器销往诸多应用领域，它们不但要与竞争对手的产品相竞争，而且还要超越传统的非激光技术，如机械切割、吹管焊接焊和热处理等。与此同时，超小型半导体激光器和纳米激光器更加与众不同，它们凭借小巧紧凑的体积将很快遍布多种应用，除了光通信领域外，还将广泛用于监督、环境监测、以及可植入和片上实验室诊断传感器应用等领域。

“虽然欧债危机和中国经济增长放缓是不争的事实，但我们仍将激光作为一种诞生 50 多年的‘新兴’技术。” Directed Light 公司总裁 Neil Ball 表示，“激光材料加工，特别是功率低于 500 W 的激光微加工，仍然蕴含着巨大的发展潜力。即便是再一次经济衰退来临，激光技术也会继续在全球范围内取代传统的切割和焊接技术，并且还将找到只有激光才有可能胜任的新应用。”

激光退火、光刻技术以及先进封装公司 Ultratech 公司也持类似观点。“没有激光器我们将无法开展业务。”该公司激光产品营销副总裁 Jeff Hebb 表示，“对于小于 45 nm 的半导体节点而言，毫秒激光退火必不可少，用以提高设备性能并减少泄漏电流，这是传统的热退火和闪光灯退火

无法比拟的。” Jeff Hebb 指出，激光尖峰退火技术现已被逻辑器件广泛接受，但其尚未进入存储市场。激光退火一旦进入存储市场，必将迎来巨大的上涨空间。Ultratech 正在用其致力于增加加工灵活性的最新“双光束”技术拓展激光退火市场。



“激光能动物”是被生物光子学行业进一步推崇的概念。“热能源和宽带光源不具备激光器提供的波长特征，”科医人高级产品集团高级总监 Ray Choye 表示，“除了将激光用于荧光研究、光动力治疗甚至手术应用外，我们也正在探索激光在疤痕修复方面的应用，这主要是由于激光能启动‘愈合反应’，使疤痕皮肤恢复功能，重现完美外观。”

即使处在债务缠身的欧洲地区的超快激光器制造商瑞士 Onefive 公司也表现出了乐观态度。“工业激光解决方案继续在传统机械方法不能胜任的应用领域赢得青睐，例如在医疗、生命科学和显示 / 照明领域。”该公司 CEO Lukas Krainer 表示，“宏观经济的不景气将不会对来自这些应用领域的收入产生直接影响，因为激光解决方案为这些领域的终端用户提供了明确、巨大的附加值，使这些领域的支出保持在较高水平。”

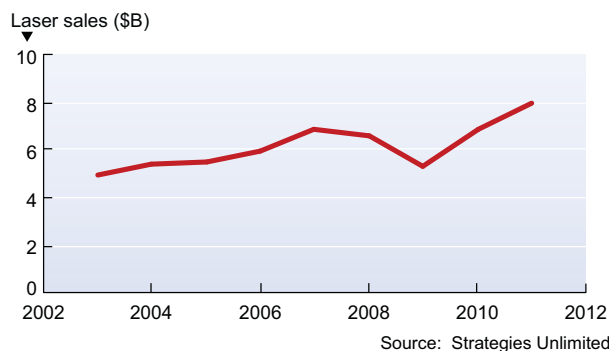
对于 2013 年而言，随着智能光电设备的快速发展、巨大的带宽需求以及人口老龄化趋势加剧，通信、材料微





市场观察

Market Watch



加工和医疗市场都将呈现出各自的增长点；但是前景也并不完全乐观。宏观材料加工、显微光刻以及军事/科研等市场仍然会受到 GDP、政治和消费趋势的影响。在刚刚过去的一段日子内，这些宏观经济因素对激光市场造成了一定的负面影响。

债务危机

从 1990-1992 年的全球经济衰退和 2008/2009 年的美国经济大萧条中，我们看到了“历史的重演”：激光器在许多领域的销售出现下滑（尤其是制造业务和消费者支出的紧缩导致宏观材料加工市场大幅下滑），并且紧跟全球 GDP 趋势。

虽然我们逐步摆脱了美国的经济衰退，并且看到了金砖四国（巴西、俄罗斯、印度和中国）GDP 数字的积极增长（虽然有所减缓），然而欧债危机已经使 17 个欧元区（EA17）国家在 2012 年处于预测中的负 GDP 增长，总的增长为 -0.3%。欧盟统计局还公布了 2012 年一些欧洲国家更为可怕的 GDP 预测：希腊 -4.7%、葡萄牙 -3.3%、西班牙 -1.8%、意大利 -1.4%。而且，这些数字还是欧盟委员会于 2012 年 11 月初将 2013 年 EA17 GDP 从 2012 年春季末预测的 1.0% 调低到 0.1% 之前的数据。

开始于美国的债务危机已经明显影响到了欧洲和中

国。截至 2012 年第二季度，EA17 国的欧元地区政府债务占 GDP 的比例达到了 90%。英国咨询机构 Capital Economics 于 2012 年 11 月报道，“用于投资亚洲新兴经济体的私人贷款占据 GDP 的比例，在过去的几年中大幅飙升，并且现在处于历史最高水平。这致使一些评论家担忧，这有可能为下一波金融危机埋下种子。”^[1]Capital Economics 还特别指出，“在中国，很少有证据显示贷款快速增长助长了资产泡沫的形成。然而，贷款增加已经导致制造业的生产能力急剧上升，而产能过剩则有可能对中期经济增长造成一定影响。”

“中国市场的疲软影响了以出口为导向的经济体，如德国。”德国通快激光与电子事业部总裁 Peter Leibinger 表示，“欧洲的投资环境比较疲软，当然这在一定程度上是受欧债危机消息频传的影响，欧洲汽车行业对生产资料的投资显着下滑，这将使激光产业受到牵连。”

尽管这种担忧持续到了 2013 年，但是通快已经在经济大衰退后的几年中实现了创纪录的增长：2010/2011 财年（截至 2011 年 6 月 30 日）销售额 25.8 亿美元，2011/2012 财年（截至 2012 年 6 月 30 日）增长 15%，达到 29.8 亿美元。这虽然比不上 2009/2010 财年 51% 的增长幅度，但其表现已经相当不俗。通快早就看到：制造商并不特别关心用什么工具切割或焊接他们的部件，他们只想要一种更好、更快、更易于操作的工具，提高投资回报率。目前通快不仅提供传统的机械工具，而且还提供 CO₂ 激光器、固体激光器、半导体激光器和超快激光器等多种激光加工工具，以满足用户的不同需求。

“虽然我们并不指望能实现在过去几年中看到的快速增长，但是汽车行业朝着更轻材料（如铝）发展的趋势，将为激光金属加工带来有利前景。”通快公司激光部门总经理 Christof Lehner 说道。有消息称，许多汽车制造商可能会采用全铝车身面板，以满足车辆行驶里程标准。“激光加工电动车电池和用于热冲压的激光切割机将备受关注。在过去的十年中，通快的平板切割业务转危为安，激光切割机的销量超过了冲压机床。”Lehner 还补充说，光纤激光器和盘片激光器正在取代灯泵固体激光器（LPSS），但中国市场除外。目前中国低功率 LPSS 市场仍然相当健康。

光纤激光器继续增势喜人

除了通快以外，罗芬也在积极开展光纤激光器业务。罗芬 2012 年第四财季（截至 2012 年 9 月 30 日）的销售





额比去年同期下滑了 13%，降为 1.47 亿美元（年度销售额下降了 10%），这主要是受到宏观材料加工疲软的影响，另外材料微加工和打标应用也带来了一些负面影响。罗芬在欧洲和亚洲的销售额出现下滑，但在北美却实现了增长。

罗芬看到了市场将持续疲软的迹象，其预计 2012 年最后一个自然季度，来自半导体、电子和机床行业的销售额在 1.3~1.35 亿美元之间。与此同时，罗芬已计划在 2013 年优化其高功率光纤激光器产品线的成本结构，进一步提升竞争力。罗芬于 2008 年收购了 Nufern 公司及其光纤激光器产品。

除了光纤激光器产品外，罗芬还走在了一些新兴技术的前沿。“一些新技术正在提升半导体激光器的光束质量，这让我们看到了直接半导体激光器市场的兴起。”罗芬公司技术总监 Ulrich Hefter 表示，“预计半导体激光器、光纤激光器和盘片激光器这三种不同的技术，将在很长的一段时间内共存。”

光纤激光器技术继续快速发展，无论是在低功率科研与超快领域，还是在高功率材料加工领域。“降低每瓦成本使工业生产过程更具成本效益，为激光器制造商带来了巨大压力。”法国 CEOEOLITE System 公司 CEO Philippe Métivier 说，“这使得高功率光纤激光器市场的竞争空前激烈。”

IPG Photonics 公司 2012 年第三自然季度（截至 2012 年 9 月 30 日）的总营收为 1.56 亿美元，比去年同期增长 21%，甚至超过了 Newport 公司同期 1.43 亿美元的季度营收。在《财富》杂志评选的 2012 年增长最快的公司中，IPG 排名第 9 位，其三年的平均年收入增长率为 37%，利润增长为 100%——如此坚挺的数字，不仅显示了 IPG 公司的商业头脑，而且也证明了光纤激光器获得成功。

“光纤激光器在全球范围内的销售额继续走俏，尤其是在北美。”IPG 公司工业市场副总裁 Bill Shiner 表示，“汽车和电池企业正在中国建厂，并指定使用 IPG 的激光系统。帮助汽车制造商满足减排标准的高强度钢部件，推动了激光器市场的发展。高强度钢无法冲压，因此激光切割将大展身手。”Shiner 也非常看好航天市场：“每架喷气式发动机引擎需要 300 万个精密孔用于冷却；相比于传统机械加工每秒 2-3 孔的钻孔能力，激光钻孔凭借每秒 50 孔的速度而在业内广受欢迎。”Shiner 补充说。

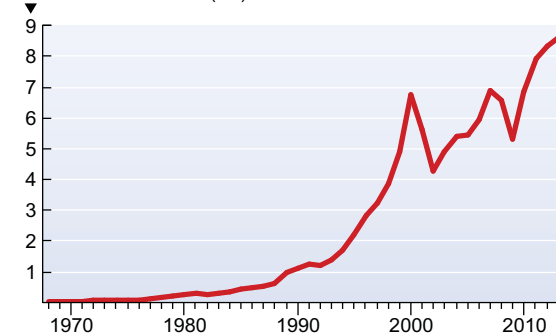
半导体市场：黯然神伤

虽然智能电子设备组件的微加工将继续为光纤激光器制造商带来利好势头，但是主要依赖于半导体资本设备采购的激光器制造商，将在 2013 年遭遇坎坷。

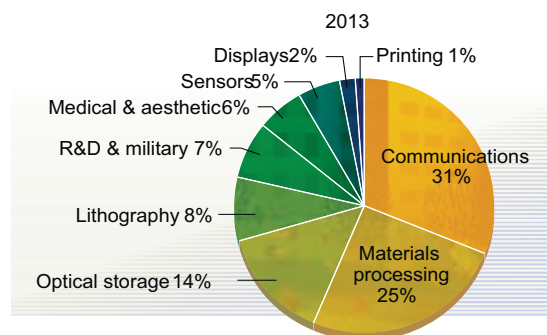
“随着半导体行业从 45 nm 转向 20 nm 甚至更高的节点，需要更多的制造步骤处理更多的层和新材料，这导致资本强度增加。”半导体设备暨材料协会（SEMI）行业研究与统计高级总监 Dan Tracy 表示，“2010 年和 2011 年，半导体行业在产能扩充方面实现了坚挺恢复，同时也转向了更加先进的工艺技术。而 2012 年产能扩张的减少，为半导体行业带来了更多不确定性，一些分析师预计 2013 年半导体行业的资本支出将出现负增长。”Tracy 还补充道，半导体资本设备市场存在着周期性，最近报道的设备数据反映了 2012 年下半年更加低迷的行业状况。2012 年 10 月的订单出货比为 0.75，订单量约比 2011 年 10 月下跌 20%。

“对于微电子行业来讲，2013 年将是个一分为二的年头，”相干微电子部门营销总监 David Clark 表示，“预计 2013 年传统消费电子产品，如笔记本电脑、PC、数码相机、硬盘驱动器和电视机将非常不景气，但是平板电脑和智能手机以及相关组件将会以惊人的速度增长。这无疑是个好消息，因为这些移动设备组件很多都是使用相干的激

Historic laser revenue (\$B)



Source: Strategies Unlimited





市场观察

Market Watch

光器制造的,相干的这部分业务将会继续强劲增长。”Clark补充说,“如果基于Windows 8的超级本和平板电脑在企业市场能获得真正成功,相信这必将刺激2013年IC销售额的显著增长。”

IC Insights公司也看到了类似趋势,其预计2013年电子设备的销售额将增长5%,2012年的增长率为3%。Clark对更长远的趋势也持乐观态度,他表示,“4G-LTE无线网络建设、互联网流量的持续增长、云计算的采用以及即将向450 mm晶圆的迁移,所有这些都将促使未来几年内半导体资本支出方面出现重大投资。”

相干2012年第四财季(截至2012年9月29日)的销售额,从上年同期的2.08亿美元下降到1.89亿美元;与上个季度相比,订单量下降近23%。相比之下,Newport则由于研发市场和工业市场的强劲表现而实现了创纪录的销售额;当然半导体资本支出的疲软也使其受到了一定影响,其第四财季(截至2012年9月29日)微电子业务销售额比上年同期下降了9.7%,降至1.1亿美元。

作为一家主要为半导体行业提供光刻光源的供应商,Cymer公司2012年第三季度(截至2012年9月30号)的总营收约为1.32亿美元,基本与上年同期持平,但低于2012年第二季1.49亿美元的总营收。2012年10月,Cymer公司被荷兰ASML公司以大约26亿美元的价格收购;2012年第三季度,Cymer出货了27套深紫外系统,并向ASML交付了其首款极紫外光源,曝光功率为30 W。

Cymer公司和日本Gigaphoton公司是业界领先的极紫外光源制造商,依据摩尔定律,他们会继续享受业务

增长。但是研究超短、超高功率激光脉冲(如用于光与物质相互作用研究的极强光设施)的激光器制造商,正在寻求超越摩尔定律。

“早在2007年,来自美国能源部基础能源科学顾问委员会的一份报告就显示,当集成电路制造达到分子级或纳米级的时候,其将远远超越摩尔定律的限制。一个基于纳米芯片的超级计算机,可以舒适地握在掌中,且耗电极低。”Calmar Laser公司营销总监Tim Edwards说,[2]“这使激光产业令人兴奋不已——没有激光发挥举足轻重的作用,分子尺度的未来将无法实现。飞秒光纤激光器制造商始终致力于提升‘脉冲到脉冲’之间的稳定性,以满足眼科、光谱、DNA分析、分子成像、薄膜太阳能电池加工以及计量等应用的苛刻要求,所有这些都提供了广阔的科研激光市场,但不知为何激光市场并未快速增长。”

步步高升

作为Spectra-Physics、通快和相干公司的前雇员,Edwards独特的洞察力和他对激光器未来抱有的满腔热情,为我们对2013年及以后激光器市场的预测提供了重要信息。虽然一些顶级激光器制造商预计2012年第四季度和2013年早期的总营收有些疲软,但一个清楚的事实是:过去几十年的经济动荡中隐藏着一个整体的积极趋势。简单回顾一下自1968年以来激光器的总销售额便不难看出:在过去的几十年中,激光器的总销售额呈指数型增长趋势。

激光器继续开拓传统技术无法胜任的新应用。预计2013年全球激光器市场的总销售额,将在2012年的基础上增长约3%,达到86.2亿美元。

2012年的数字已经从去年预期的75.7亿美元上调到83.4亿美元,之前预计2012年增长1.2%的数字过于保守,事实证明5%的增长预期更为合适。尽管欧洲陷入债务危机、中国GDP增长放缓,但是激光器在大多数应用领域仍然继续呈现增长态势。

细分市场

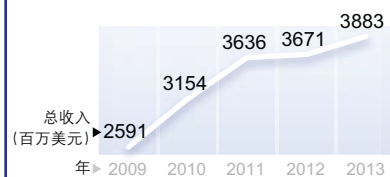
通信和光存储市场继续占据了激光器销售额的大部头,紧随其后的是材料加工市场。用于光刻的准分子激光器归入了材料加工市场。今年细分市场的唯一改变是将原来的“泵浦和其他类型激光器”(2012年的销售额为2.97亿美元)部分,分别归入了各自适用的部分。

(一) 通信与光存储市场

毫无疑问,激光通信市场将继续增长。其中大部分增长来自向无线网络的升级,也就是说在通信骨干网的无线节点之间将需要更多光纤。光纤协会(FOA)甚至针对“光纤到无线网络”提出了FTTW这个术语。此

通信与光存储市场

包括所有用于电信、数据通信和光存储的激光二极管,也包括用于光放大器的泵浦二极管。



经过多年的强劲增长后,2012年激光器在通信市场的发展有所放缓,用于该领域的激光器数量也有所下滑。这其中部分原因是由于智能手机在某些地区已接近饱和、需求放缓所致;另外是由于通信服务供应商鉴于目前的经济大环境延迟了系统升级。热点应用包括40G和100G收发器、有源光缆以及无线网络基础设施的升级。相比之下,用于光存储的激光器将很快度过其高峰期。去年,很多电影都采用视频流观看,光盘不再受青睐。而用于计算机硬盘的热辅助磁记录(HAMR)技术似乎来得过晚,其对激光器在存储市场的业绩帮助甚微。





外, 光纤到户 (FTTH) 应用将会继续蓬勃发展。美国光纤到户委员会发布的年度 FTTH 最新发展报告显示, 目前北美拥有 900 万 FTTH 用户。《Lightwave》杂志主编 Stephen Hardy 在其 2013 年度计算预测中指出, FTTX 将会继续扩展, 100G 网络将会更加普及。

在 100G 领域, 市场研究公司 Heavy Reading 认为, 太比特以太网和其现有的 100G 先行组件的确是一种杀手级应用; 另外光子集成电路 (PIC, 其是通信用激光器销售的一大驱动力) 最终得以实现, 用以满足空前快速增长的光通信带宽需求。

Heavy Reading 的分析师 Sterling Perrin 表示: “我们相信, 光子集成已经为以下两方面的快速发展做好了准备。首先, 随着用户大量采用 100G 网络, 线路侧和客户端都需要越来越高的集成, 以减小尺寸、降低 100G 模块的成本。其次, 由于未来光网络将向着超越 100G 到 400G 和 1 Tbit 的速度发展, 大规模并行集成将是必然。虽然太比特网的商业部署还比较遥远, 但是我们已经看到供应商现在就开始投资为未来做准备了。”

Infinera 公司反映了 Heavy Reading 对 PIC 的积极评估。Infinera 公司 2012 年第三季度的总收入为 1.122 亿美元, 比第二季度的 9350 万美元有所上扬。该公司总裁兼首席执行官 Tom Fallon 表示: “我们将为 100G 网络带来广阔的市场机会, 100G 将会在未来多年中广泛拓展。”

市场研究公司 Ovum 表示: “当前的经济风暴正让通信设备供应商与业务萎缩做斗争。2012 年第三季度, 全球光网络设备支出连续第三个季度下降, 主要业务集中在疲软的北美和

EMEA 地区 (欧洲、中东和非洲) 的供应商, 正在削减成本、重组业务, 以度过当前的经济风暴。”

报告还指出, 2012 年第三季度, 全球网络设备开支比 2011 年同期的 37 亿美元下降了 1%。虽然该季度亚太地区的支出同比增长了 14%, 但其尚不足以抵消北美 11%、EMEA 8% 以及南美和中美 4% 的下降幅度。

预计 2013 年激光器在通信市场的销售额将增长 7%, 达到 26.7 亿美元。JDSU 公司的业绩将为此提供一个很好的支撑: 在刚刚过去的四个季度中, JDSU 的通信和商用光学产品收入持续增长, 四个季度的总收入分别为 1.63 亿美元、1.73 亿美元、1.85 亿美元和最终的近 1.95 亿美元 (截至 9 月 29 日)。

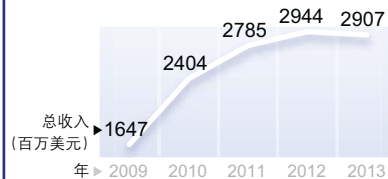
随着存档需求从物理介质转移到云, 激光器在光学数据存储市场的销售将继续遭遇寒冬。IHS iSuppli 公司报道, 到 2012 年中, 有 5 亿消费者订购了基于云的存储服务。鉴于这一趋势, 预计 2103 年用于光存储的激光器销售额将温和增长 2%, 达到 12.1 亿美元, 而通信和光存储市场的总销售额预计将达 38.8 亿美元。另外, 如果热辅助磁记录 (HAMR) 和全息光存储能在未来几年内赢得市场青睐的话, 那么激光器在这一细分市场的业绩将有望大为改观。

(二) 材料加工与准分子光刻市场

工业激光器市场 (包括集成到材料加工系统中的激光器) 已经从 2008/2009 年的全球经济衰退中快速复苏, 其中用于打标的光纤激光器和用于微电子领域 (主要是平板显示器、智能手机和平板电脑) 的 DPSS 激光器起到了领航作用。2010-2012 年间

材料加工与准分子光刻市场

包括所有用于金属加工 (焊接、切割、退火、钻孔) 的激光器、用于半导体和微电子制造 (光刻、划线、修复、钻通孔) 的激光器、用于所有材料打标的激光器, 以及用于其他材料加工 (有机材料的切割与焊接、快速成型、微加工和光栅制造) 的激光器。也包括用于光刻的准分子激光器。



随着很多公司升级设备以及汽车销量的增加, 2012 年用于制造领域的激光器呈现强劲增长。智能手机和平板电脑等电子制造领域的表现相当不俗。在中国这个世界最大的汽车市场, 由于经济发展放缓及中日之间的矛盾, 导致汽车销售受到了一定影响。2013 年大多数材料加工领域都将温和增长, 但是对于光刻用准分子激光器, 由于半导体行业周期, 2012 年并不是一个好年头, 预计 2013 年情况也不会好转。

工业激光器的收入情况, 清晰地显示出了光纤激光器为工业激光器市场的增长所带来的推动力。

该细分市场的另一个驱动力是工业级超快脉冲 (UFP) 激光器。皮秒级和飞秒级脉冲激光器很快在医疗器械制造的微加工应用中赢得了市场的认可与接受。这些“冷加工”激光器几乎不生产热效应, 能实现迄今为止其他机械加工方式无法实现的加工精度, 在微精细加工方面开辟了新的、不断扩大的市场。在未来几年中, 超快激光器将是驱动激光器在该细分市场销售额增长的一股主导力量。

也许最活跃的工业激光器产品当属光纤激光器, 无论是在低功率和高功率应用领域。低功率脉冲和连续光纤激光器, 已经为全球打标和雕刻应用带来了一场革命, 成为了 LPSS 和 DPSS 激光器的替代品。现在, 成千上万的光纤激光器活跃于世界各地系统集成商的设备中, 它们也是激光行业一直期待的产品, 不仅价格颇具吸





市场观察

Market Watch

引力,而且具有更高的可靠性。

高功率光纤激光器快速成为一种颠覆性的金属板材切割工具,其已经从2007年较小的年销量发展到2012年的1000多台,这些千瓦级光纤激光器集成到平板切割机中,夺取了之前由高功率CO₂激光器占据的20%~25%的市场份额。如今,全球12个国家中有超过28家系统集成商可提供用于金属板材切割的光纤激光系统。光纤激光器的迅速普及,令其领导厂商IPG Photonics公司引起了资本市场的关注。目前IPG Photonics公司已经成为了华尔街的“宠儿”,并随之催生了一批激光市场分析师。为了与IPG竞争,2012年有几家新的高功率光纤激光器供应商进入市场。

从总营收来看,通快是业界最大的工业激光器与系统制造商,该公司已经改进了其专有的盘片激光器技术,用于高功率切割、焊接和表面处理应用。通过使用光纤输出系统,牢固耐用的盘片激光器将成为光纤激光器的一个直接竞争者。

在材料加工市场,高功率CO₂激光器和高功率光纤激光器金属加工占据70%的市场份额,这其中的金属薄板切割产生了近50亿美元的激光系统收入。目前,高功率光纤激光器已经占据了该市场超过20%的份额,并且正在快速取代CO₂激光器成为主导能量源。

随着太阳能电池项目实施的预期放缓和目前该行业的产能过剩,面向光伏制造领域的固体激光器和光纤激光器的业绩将会收缩;行业专家预计这种情况将于2014年出现改观。

激光打标是光纤激光器获得普及的另一个阵地,其在该应用中正在取代LPSS和DPSS激光器。2012年所

销售的用于打标的激光器中,其中73%是光纤激光器。由于批量制造能降低成本,也使得光纤激光器的每瓦成本得以降低,目前该激光器正在大举进入微加工市场,而该市场长期以来一直被固体激光器所主导。虽然目前微加工只占据材料加工市场7%的份额,但业内专家指出,随着超快脉冲(UFP)激光器开辟出新的应用天地,微加工占据的市场份额将增长最快。

2012年全球材料加工激光器的总销售额(不包括光刻激光器)增长7%,其中销往快速增长市场中的激光器贡献了绝对力量,但预计2013年这些市场将会回调,呈现较低的一位数增长,随后将会再创新高。业内供应商均对2013年之后的行情看涨,但预计2012-2013年将温和增长,材料加工和准分子激光器的总收入将为29.1亿美元。

(三) 科研与军事市场

《2012年全球研发经费预测》显示,2012年全球研发经费增长5.2%,即超过1.4万亿美元。美国的研发经费仅比上年增加了2.1%,但依然最多,达4360亿美元;中国排名第二,近

1990亿美元;其次是日本,近1570亿美元,比上年显著增长9%。

2013年美国的科研经费与2012年相比变化不大,但鉴于美国当前的财政状况,美国激光协会希望直接影响激光研究的经费不会缩减。欧洲虽然陷入债务泥沼,但其2012年的研发经费却增长了3.5%。

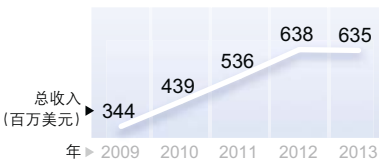
来自市场研究公司Tematys的一份报告显示,2008-2012年间,欧洲委员会向377个光子学项目分配的资金为17亿美元。在这些项目中,大约20%的项目致力于开发激光器或激光系统,2012年用于这些开发的经费约为8000万美元。很多激光研发项目受到特定应用需求的驱动,如交通或安全(激光器用于雷达或LIBS系统)、NMP(纳米科学、纳米技术、材料与新生产技术)、医疗与影像技术等。2013年,欧洲委员会计划为光子学研究提供大约3.28亿美元的经费,基本上与2012年持平。

去年,我们预测研发与军用激光器的销售额为4.19亿美元。但实际上这个市场被严重低估了,尤其是在红外对抗领域。在该领域,单是Northrop Grumman公司就赢得了美国空军价值3.34亿美元的合同,为美国空军提供大型飞机红外对抗(LAIRC)系统与支持。随后,我们将2012年研发和军用激光器的销售额上调到了6.38亿美元。预计2013年这部分经费的增加将会放缓,主要原因是当前的经济状况令军费开支有所收紧。预计2013年研发和军用激光器的销售额将达6.35亿美元,比2012年修订后的数据略有下降。

奥巴马再次当选美国总统,很可能对2013年及以后几年的军费开支带来负面影响。但可以肯定的是,

科研与军事市场

包括用于基础科研的激光器,用户为大学和国家实验室,以及新型和现有的军用激光器,如测距仪、照明器和定向能武器研究。



刺激性开支促进了2011年科研经费的增长。鉴于当前的经济状况,政府的科研预算有所收紧,科研市场有望回归到一个更为正常和适度的增长速度。军事采购经费经过多年的增长后,已经度过了其高峰期,但是新应用有望补偿大型项目的削减。热点应用包括中红外对抗、定向能武器开发、车辆自主导航和国土安全。





鉴于美国政府当前的财政状况，无论谁当选总统，都必然要削减国防预算。（美国的国防预算，已经从1999年克林顿在任时的刚刚超过2750亿元，增长到了2008年底布什执政期间的约6120亿美元，并在2011年达到了惊人的7000亿美元。）因此，许多服务于军事、国防和安全应用的公司，现在已开始寻求其他商用和民用市场。

“我们正密切关注商用市场中的大批量应用，”FLIR Electro-Optical Components公司项目经理Falgun Patel表示。该公司生产激光测距仪、照明器、指示器和用于目标指示的高端激光系统。“我们看到用于小型无人机(UAV)、无人值守地面传感器和监控设备的激光测距仪和照明器的销售额呈增长态势，这些产品不仅用于与国防相关的应用中，而且还用于国土安全和私人安全应用中。大多数市场受产品升级的驱动，更小、更轻、人眼安全、更长范围、更低成本的激光技术，对提升商业销量至关重要。

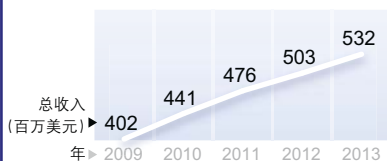
由于美国将收紧军事支出，因此面向国防行业的激光器制造商对2013年持谨慎态度；此外HIS Jane's公司预测，2011-2015年间新兴经济体的军事和国防经费将增加6.8%。

（四）医疗与美容市场

用于医疗的（眼科、外科、牙科与治疗）激光器市场继续增长，这从Photonics West 2013上继续扩大的BiOS Symposium会议和Carl Zeiss Meditec等公司的财务报表中便可见一斑。截至2012年第三季度，在过去的9个月中，Carl Zeiss Meditec公司的总营收增长了13.6%；2012年11月其Ciris HD-OCT光学相干断层扫描

医疗与美容市场

包括用于眼科（包含屈光手术和光凝治疗）、外科手术、牙科、皮肤科、脱毛、治疗和其他美容应用的激光器。



眼科、牙科和外科手术应用继续呈现出激动人心的增长。但是2013年的大头收入将来自美容和皮肤治疗应用。2012年，用于眼科的激光器发展放缓；随着越来越多的外科医生采用激光技术，激光器在心脏和血管手术中的应用继续增长。一些家用脱毛和皮肤治疗激光器已上市销售，但因价格昂贵，并未赢得市场追捧。

系统的装机量突破了1万台。医疗激光器公司的资金情况也呈良好状态；OptiMedica公司耗资3500万美元，于2012年底商用了其用于飞秒激光白内障手术的Catalys Precision Laser System。

虽然用于美容的激光器销售在经济衰退期间遭遇重挫，但2012年第三季度，Cutera、Cynosure、Palomar、Solta和Syneron公司的总营收，分别比上年同期上涨了28%、31%、25%、28%和5.5%。这些公司将显著的增长归功于激光器易于使用、可靠制造，并提供承诺的临床益处。

随着激光器在医疗和美容市场的销售额纷纷上扬，预计2013年这一细分市场将增长6%，达5.32亿美元。当然，如果不是美国自2013年1月1日起实施医疗器械销售税的话，该市场的增长预期会更高。

（五）仪器与传感器市场

“虽然大多数激光器市场在2009年因为经济大衰退而遭遇严冬，但是生物仪器市场的表现却比较平稳。”法国Oxxius公司总裁兼首席执行官Thierry Georges表示，“2013年

可能是2009年的翻版，新产品的发布将会放缓。然而，荧光研究、下一代DNA排序、蛋白质UV检测，将会使激光二极管和DPSS激光器依然在生物医学市场保持活跃。”

当然，激光器所涉足的仪器不仅是生物和生命科学仪器，还包括用于国土安全和环境传感等领域的仪器。

在未来的几年内，激光器在仪器市场的销售额将有望提升。随着可再生能源市场的持续开发，激光雷达设备将会在地形图绘制、环境监测和风力涡轮机优化等应用中广泛渗透。

2013年，手势识别应用将继续驱动红外激光二极管在传感器市场的大量销售。除了JDSU为微软Kinect提供的边缘发射激光二极管外，FLIR等公司也将目光瞄准了一些商业机会。

“高功率VCSEL除了用作激光照明器在850 nm、975 nm和1064 nm波长处用于监视应用外，其还在手势识别应用中大显身手。”FLIR公司的Falgun Patel表示，“与边缘发射激光二极管相比，VCSEL封装简单，具有斑点少、光束高度均匀、生产成本低

仪器与传感器市场

包括用于生物医学仪器、分析仪器（如光谱仪）、晶圆和掩膜检测、光学测量、水平测量仪、光学鼠标、手势识别、激光雷达、条码阅读器及其他传感器中的激光器。



2013年仪器市场继续表现良好态势。很多人将智能设备与经济快速的处理器联系在一起，但事实上是越来越多基于激光的传感器系统（如微软用于手势识别的Kinect）使这些设备真正实现了智能化。除了动作检测外，其他应用包括地图与汽车碰撞传感、国土安全领域用于检测危险物质的手持传感器、石油和天然气开采以及安全检测领域用于光纤传感器的窄带激光器。





市场观察

Market Watch

等优势, 其将加速手势识别在智能手机、平板电脑和电视机中的大量采用。”

虽然 JDSU 并未公布手势识别方面的新进展, 但该公司透露, 早期的手势识别技术, 仅能“看到”手和胳膊, 但是最新的技术已经能“看到”手指——也许下一代手势识别将会成为一个潜在的“杀手级应用”。当然, 手势识别技术仍然有一些问题需要克服。

预计 2013 年激光器在仪器和传感器市场的销售额将达 3.89 亿美元, 比 2012 年修订后的 3.56 亿美元小幅上扬。

(六) 娱乐与显示市场

来自市场研究公司 NPD Display Search 的数据显示, 到 2016 年智能手机的年出货量有望超过 10 亿部, 而电视将遭遇困境: 截至 2012 年第三季度, 全球电视出货量连续第四个季度下跌的, 甚至预计 2012 年中国国内液晶电视的销量仅增长 1%, 为 4050 万台, 与 2011 年 15% 的增长相差悬殊。与此同时, 但是消费者渴望“移动”娱乐的热潮高涨, 用户想要随时随地观看想看的内容, 希望能在笔记本电脑上观看 Netflix DVD 或在

线看电影, 就好像在观看经过自己规划的电视节目。

这对投影显示来讲意味着什么呢? 这意味着很可能影院用投影仪、大屏幕家用投影仪和用于智能手机的微型投影仪, 最终将开始迎来市场增长, 而这正是激光二极管制造商期待已久的。“如果激光器制造商能够克服技术和成本挑战的话, 激光投影与显示将拥有巨大的增长潜力。”芬兰 Modulight 公司总裁兼 CEO Petteri Uusimaa 表示。目前, 虽然投影仪被广泛学校和一些拥有众多观众的演讲场合广泛使用, 但是价格依然是人们选用投影仪时所考虑的一个主要因素, 而不是其体积、功耗或亮度。

来自美国国家科学院的一份报告表示, 数字光处理 (DLP)、硅基液晶 (LCoS) 和光束控制投影方案中, 每种技术都有各自的优缺点, 目前尚不能明确孰优孰劣。但是 Uusimaa 指出, 市场明显需要低成本绿光激光二极管来提升所有 RGB 激光投影方案和预期, 激光器是企业 and 影院用小型投影仪的最终选择, 在未来的两到三年中, 激光投影应用将有望迎来广阔市场。

希望未来的发展符合 Uusimaa 的预期, 估计仅在美国就有 4 万个电影屏幕, 激光投影市场将是一块大蛋糕, 供应商已经为此做好了准备。Modulight 和 Laser Light Engines 公司均发布了 RGB 激光引擎, 其将在现有的 2D 和 3D 数字电影投影仪中取代氙灯。“我们设计的平台可以‘插上’瓦级绿光激光二极管; 绿光激光二极管的商用可能比预期更早, 预计不超过两年。” Uusimaa 补充道。

2013 年, 用于投影显示和娱乐场所的激光器的销售额将有望增长到 2.13 亿美元。我们对于这一细分市场

的预测较过去几年大幅上调, 事实证明过去几年我们严重低估该市场。“移动”与“大屏幕”观看体验的持续普及, 再加上用于娱乐场所和激光表演领域的激光器的销售额惊人地增长 (从 2011 年到 2012 年增长了约 50%), 以上因素将会继续保持该市场健康成长。

激光表演效果正在成为所有主要娱乐节目的一个标准, 其已经广泛用在电视节目、体育赛事、音乐会甚至是旅游景点中。激光表演系统成本的大幅下跌, 以及激光控制技术的进步, 使得激光表演更加易于实现, 这是推动激光表演被广为采用的主要原因。过去实现激光表演要用三相电源和水冷激光器; 而现在所有东西都是即插即用。

另外, 在许多情况下, 选用激光器作光源比 LED 更加经济, 例如用几个激光投影仪达到的视觉冲击效果, 需要很多 LED 才能实现。

(七) 图像记录市场

打印市场并未消亡, 至少对于纸质出版行业而言, 依然要定期向用户发行纸质杂志或其他产品。市场研究公司 InfoTrends 在其《2012 U.S.

图像记录市场

包括用于商业印前系统和相片冲印系统中的激光器, 以及用于消费和商业领域的传统激光打印机中的激光器。



虽然我们身处电子时代, 但是打印资料并未消亡。打印行业正在经历一场变革, 喷墨式打印机正在被黑白和彩色激光打印机取代。在过去的几年中, 激光打印机的价格下降了很多倍, 使得用于这些打印机中的激光器赢得了市场空间。市场焦点在发展中国家, 这里的新兴公司正在购买激光打印机; 然而不幸的是, 中国等国家的发展放缓并未对该市场带来多大帮助。

下转第17页





具有更好色彩的较短波长之间权衡。

氮化物半导体材料的问题

发射波长约为 515 nm 的 InGaN 激光器，是在 GaN 衬底的六方晶系 c 晶面上生长的。c 晶面的结构是极高性的，电场将电子和空穴分开——该效应会减小带隙，在钢浓度相同的情况下，该方法能够比其他方式发射更长波长的光。然而，极性场也会降低复合率和激光发射效率。六方晶系结构侧面的矩形 m 晶面是非极性的，但是在该平面上制造二极管非常困难，因此在该平面上制造二极管非常困难，因此在绿光激光器方面进行的工作也很少。

一些致力于长波长绿光激光器的研究人员已经转向了一种替代方法，即在半极性晶面上生长结构，取向与 c 晶面和晶轴均成一定的中间角，如图 2 所示。在半极性衬底上生长二极管相对容易，并且由于电子和空穴接近，该方法生产的二极管的效率也高于在极性衬底上生长的二极管的效率。然而，为了产生与极性二极管相同的波长，必须提高钢的含量百分比，这又将引发缺陷问题。最近有一份很好的资料介绍了该细节。^[1]

极性和半极性的方法都“面临巨大的挑战，但这些问题都是可以解决的”，德国欧司朗光电半导体公司半导体研发总监 Uwe Strauss 表示，“目前究竟哪种方法能获得最佳的产品，仍然是一项公开的挑战。”他指出，衬底成本是产品成本中的一个重要因素。^[2]

突破530 nm

今年夏天，住友和索尼通过在半极性 {2021} GaN 衬底上生长二极管，跨越了 530 nm 这一障碍，他们的发现使得生长均匀 InGaN 量子阱变得更加容易。通过氢化物气相外延生长，

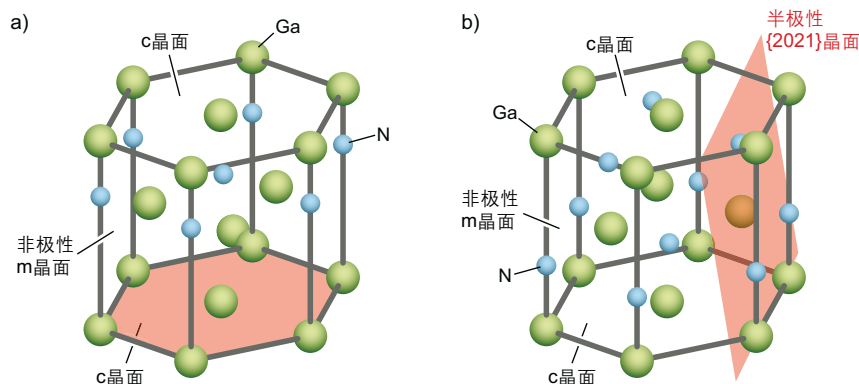


图2: InGaN晶体的晶面: a) 极性六边形c晶面, b) 住友-索尼激光器所使用的半极性{2021}晶面。

他们的半极性 GaN 衬底表面每平方厘米的位错少于一百万线，并且电阻率足够低，从而能够在背面布置欧姆接触。这种方法所制造的激光器在衬底上有 2~3 nm 厚的多量子阱，结构中刻有 2 μm 的脊型波导，与劈裂镜面形成一个 500 μm 的腔，其中一端镀有 50% 的反射膜。

他们使用该结构制造了发射波长为 525~536.6 nm 的连续波 InGaN 激光器。较短波长处的输出功率最高：525.1 nm 处输出功率 167 mW，532.1 nm 处输出功率下降到 106 mW，这是输出高于 100 mW 的最长波长。535.7 nm 处的输出功率为 75 mW，但是研究人员尚未报道在 536.6 nm 波长处的功率测量结果。^[3]

“提高斜率效率是获得更高输出功率的关键因素，”研究人员表示。他们报道的阈值为 4.7 V（远低于早期绿光激光器的 6.4 V），转换效率为 7.0%~8.9%。

在使用寿命方面，发射波长 527~530 nm 的半极性绿光激光器表现出色。研究人员估计，在运行 1000 小时后，50 mW 激光器的使用寿命应该能超过 5000 小时。^[4]但是索尼和住友在报道该结果时，并未透露相关的产品计划。

产品开发与应用

极性二极管的性能无法与实验室纪录相比，但是封装好的产品正在越来越接近实验室记录。2012 年 7 月，欧司朗报道了 TO-38 can 封装的极性 InGaN 激光二极管在 520 nm 处的单模输出功率超过 100 mW，斜率效率达到 0.65 W/A，阈值电流约 50 mA。^[5]

欧司朗公司表示，采用该封装的商用单模绿光二极管即将推出。这类封装的边缘将被压平，这样可以将二极管紧密地封装在光引擎中，用于飞点（flying-spot）微型投影仪。30 mW 产品的发射波长将为 510~530 nm；50 mW 产品的发射波长将为 515~530 nm。欧司朗致力于提供该波段的产品，因为这些波长可为投影提供大色域。投影应用是欧司朗认定的主要市场，当然该公司也正在为其他应用研发更长波长的产品。

绿光氮化物LED

极性 InGaN 中电子和空穴的分离产生微小的间接带隙，并被载流子的分离所减小。因此，在钢含量相同的情况下，在更长波长处 LED 比激光二极管具有更低的能量跃迁。实际上，这意味着与极性激光器相比，极性 LED 更容易发射更长的波长。加州大





学圣塔芭芭拉分校的 Steve DenBaars 和 Soraa 公司（加州一家氮化物激光器与 LED 开发商）报道了利用半极性和非极性 InGaN 制造绿光 LED。

目前，绿光 LED 主要用于低强度微型投影仪中。但是对绿光 LED 来说，其巨大的市场可能是可调谐 RGB 照明。传统的固态照明使用单一的高亮度蓝光 LED 激发荧光粉，来填补其他可见光谱，但是装饰应用中却采用独立的红光、绿光和蓝光 LED，它们可以进行调整以产生宽范围的色彩。其中一个例子是波音 787 梦想客机的内部照明，其可以改变色彩搭配，使乘客感到更加放松。

美国航空航天局（NASA）计划在国际空间站安装 RGB 照明，目的是为了帮助宇航员睡得更好。在太空中宇航员的自然昼夜节律被打乱，因此 NASA 希望白天将灯光设置为偏蓝光的混色，以让宇航员保持警惕；而在晚上则变成偏红光的混色，以帮助宇航员放松身心。^[6] 这种想法有望在我们这个睡眠不足的社会中获得一系列其他应用。

展望

绿光激光二极管正在快速增长。Power Technology 公司的 Walter Burgess 报道说，绿光二极管已经在人类视觉极其重要的系统中找到了 OEM 应用，例如户外指向等应用。他表示，“从尺寸、重量和功率等方面来考虑”，人们都会选择绿光二极管而不是倍频钕激光器。

该公司目前可提供在标称波长 510 nm 或 520 nm 处、发射功率高达 50 mW 的封装模块。当然，还有一些客户需要更长的波长，接近白天视觉 550 nm 的峰值。

虽然供应商尚且无法满足很多客户的需求，但是却对此兴趣浓厚。在激烈的竞争环境下，一些绿光氮化物激光器的生产商甚至不想多透露任何信息。尽管 II-VI 族化合物的寿命一直以来是严重的问题，但日立中央研究所已经在室温下利用 BeZnCdSe 激光二极管，实现了 536 nm 连续光发射。^[7] 另外值得注意的是，利用新工艺制造的 InGaN 还发射了明亮的黄光。□

参考文献

1. D. Sizov, R. Bhat, and C.-E. Zah, "Gallium Indium Nitride-Based Green Lasers," *J. Lightwave Technol.*, 30, 679–699 (Mar. 1, 2012).
2. U. Strauss et al., "Pros and cons of green InGaN laser on c-plane GaN," *physica status solidi (b)*, 248, 652–657 (March 2011); doi:10.1002/pssb.201046299.
3. S. Takagi et al., "High-Power (over 100mW) Green Laser Diodes on Semipolar f20_21g GaN Substrates Operating at Wavelengths beyond 530nm," *Appl. Phys. Expr.*, 5, 082102 (2012); <http://dx.doi.org/10.1143/APEX.5.082102>.
4. K. Yanashima et al., "Long-Lifetime True Green Laser Diodes with Output Power over 50mW above 525nm Grown on Semipolar f20_21g GaN Substrates," *Appl. Phys. Expr.*, 5, 082103 (2012); <http://dx.doi.org/10.1143/APEX.5.082103>.
5. U. Strauss et al., "More optical output power of visible nitride laser diodes," 9th Intl. Symp. on Semicon. Light Emitting Devices—Program & Abstract, paper O3A00, Berlin, Germany (July 22–27, 2012); <http://>

issled2012.org/complete.pdf.

6. G.C. Brainard et al., "Solid-state lighting for the International Space Station: Tests of visual performance and melatonin regulation," *Acta Astronautica* (2012); <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2012.04.019>.
7. S. Fujisaki et al., "High-Power Continuous-Wave Operation of BeZnCdSe Single-Quantum-Well Green Laser Diodes," *Appl. Phys. Expr.*, 5, 062101 (2012); doi:10.1143/APEX.5.062101.

上接第14页

Photo Printing End-User Survey》报告中指出，美国有 73% 的消费者表示，他们现在依然会偶尔打印些照片；但是《纽约时报》如此写道，“很显然，报纸行业在过去的 15 年中一直面临迫在眉睫的危机，目前其正在奋力渡过难关。”

在未来的岁月中，随着电子存储和云存储的流行，打印行业将遭遇困境，预计 2013 年激光器在图像记录市场的销售额依然为 6300 万美元，与上年持平。□

参考文献：

1. G. Leather, "Is rapid credit growth in Asia something to be worried about?," *Emerging Asia Economic Focus report from Capital Economics* (Nov. 1, 2012).
2. US Department of Energy Basic Energy Sciences Advisory Committee, "Directing Matter and Energy: Five Challenges for Science and the Imagination" (December 2007); <http://stanford.io/UIgAT7>.





激光显示

高功率 RGB 激光引擎为数字投影显示提供动力

具有颜色可调谐的红光和绿光模块，以及绿光去散斑技术的红绿蓝（RGB）光引擎，已经为 2D 和 3D 数字影院及其他应用做好了准备。

Bill Beck, Ian Lee: Laser Light Engines 公司

自 20 世纪 50 年代以来，高端投影（特别是电影投影）一直依靠氙弧灯提供必要的照明。这些灯消耗大量能量、价格昂贵，并且需要定期更换。经过多年的研究与发展，目前激光照明已经为 2D、3D 影院以及许多其他应用做好了商业化准备。

早在 20 年前，人们首次尝试将激光照明用于飞行模拟器显示。人们虽然开发了试验系统，但最终失败告终，原因有以下四点：功率和效率低下、输出波长错误、散斑噪声破坏了图像，以及缺乏合适的投影技术。

通过结合有效的高亮度可调谐红绿蓝（RGB）激光技术、去散斑子系统，以及为高性能数字投影系统设计的激光照明引擎，这些问题得到了解决。结果人们获得了具有长使用寿命的光源，消除了经常更换昂贵氙灯的需求；同时还降低了功耗，节约了灯泡的电耗以及加热、通风和空调（HVAC）的运行成本。

最近，影院业已经确定了对亮度达灯泡三倍的光源的需求，以弥补所有 3D 影院系统固有的大幅光损耗。随着 3D 影院的部署加速全球电影院向数字化转换的进程，很显然，任何

商业激光照明系统将不得不适应大部分新安装的 2D 和 3D 系统。

激光引擎（LLE）已经结合了成熟的激光和非线性光学技术，形成了一种通用的模块化高功率 RGB 光学引擎，其消除了激光散斑噪声，并提高了行业的图像质量标准。较高的光束质量，可以通过光纤有效地将图像传输到任何预先安装好的数字影院或类似性能的投影仪上。反过来，这又使一种被称为“场外照明”的全新使用模式成为可能，该模式对于许多标牌以及其他需要远程、高功率光源的多投影应用至关重要。

RGB 激光引擎的要求

激光投影应用中，光通量的输出范围从 3000 流明（LED 投影的实际

上限）至 100,000 流明（现有数字投影仪的极限）。需要指出的是，数字投影仪中 35,000~100,000 流明的输出范围远远超出了氙灯的极限，只能通过激光实现。

所需的激光输入功率是 RGB 波长和投影仪吞吐量的函数。假设优化了 RGB 原色并具有良好的吞吐量，需要总共 10~800 W 的 RGB 输出功率，以满足各种应用的需求。人们期望的理想使用寿命为 2~5 万小时。

激光引擎由七个子系统组成：红绿蓝三色模块、可控电源、冷却、投影仪接口以及系统控制软件。可以将多个引擎组合在一起满足超高亮度的要求，如 IMAX 屏幕或主题公园景点。

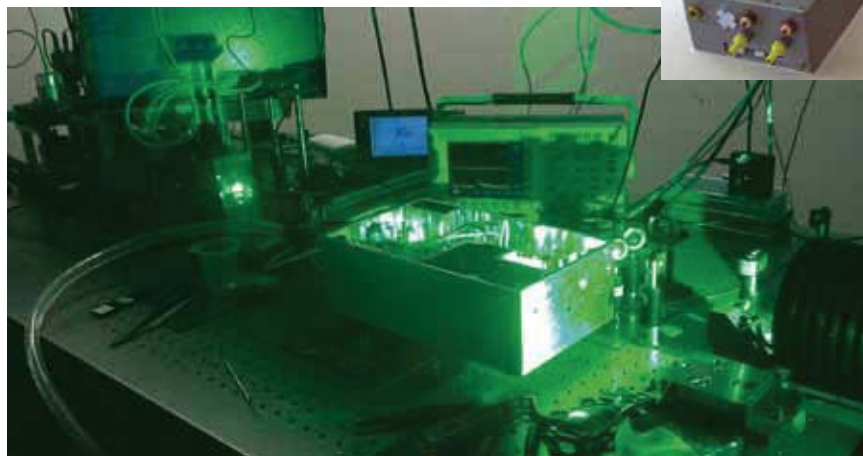


图1：在实验室中运转的绿光模块（上图）。下图是一个标准的颜色模块封装。





可调谐去散斑绿光模块

电影院与其他显示应用对绿光激光模块具有独特的要求。功率、光谱、成本和寿命等多方面的要求，不断驱动绿光激光模块在设计中采用创新技术。LLE 设计集成了腔内倍频和板条晶体等先进技术，以获得较高的效率和良好的热管理。

该 LLE 设计方法采用掺钕氟化钇锂 (Nd : YLF) 作为增益介质。这种材料具备诸多优势，并且对 LLE 的激光去散斑技术至关重要。倍频 Nd : YAG 或钽酸盐 (Nd : YVO₄) 激光无法作为人们能够接受的绿光源，因为它们不能满足好莱坞数字电影极为苛刻的图像质量要求。

通过二极管泵浦、腔内倍频的 Nd : YLF 激光器，基本激光颜色模块可达到 30 W 和 50 W 级别的绿光输出。这些激光器在高脉冲重复频率下调 Q 运行。光束质量接近衍射极限，脉宽设计用于驱动另外的非线性过程，使得去散斑成为可能。高光束质量成就了有效而可靠的小直径光纤传输，这对改造安装和场外照明都至关重要。

LLE 的路线图包括高功率去散斑绿光模块，以及用于增加功率指标和实现小型系统的半功率模块。此外还包括利用 σ 和 π 偏振的 Nd : YLF 双波长“超级去散斑”。

投影应用需要紧凑、可靠、长寿命的激光颜色模块，其能够集成到一个完整的 RGB 引擎中，并且可以被控制。所有的更新版本都是基于成熟的 8xx nm 泵浦二极管巴条。激光器模块通过集成在密封标准模块外壳中的多支管道实现液体冷却。激光器本身仅使用传导冷却组件，消除了漏液的潜在可能。该设计简化，使用部件

数量大幅减少，实现了低成本制造。

侧面泵浦板条结构

激光颜色模块基于二极管巴条侧面泵浦的 Nd : YLF 板条。这种侧面泵浦结构，使得通过 YLF 增益介质的吸收路径具有分布式泵浦光分布。通过优化 Nd 的掺杂浓度、泵浦波长、偏振和热管理，在增益晶体上获得了几乎均匀的热负载。板条的外形提供了较大的表面区域，便于薄 YLF 板条散热，实现了接近一维的热梯度，加速了板条的传导冷却，增加了泵浦功率和系统的可扩展性。

该结构采用多路激光光束通过板条，以提供高增益，即使在高脉冲重复频率的情况下也是如此。激光模式的尺寸与准直的泵浦光束厚度相匹配，并通过 Nd : YLF 板条定位，以提供更高的泵浦效率。腔模尺寸通过柱透镜控制。

Nd : YLF 晶体的另一个优点是具有较低的热透镜效应，能够实现泵浦功率最大化，从而每路光束具有非常高的绿光输出。YLF 晶体固有的双折射特性，减少了对双折射补偿的需求，同时也避免了退偏导致的问题。激光器采用声光调 Q 方式运作，为该系统的控制提供了灵活性。

激光谐振腔中 1047 nm 或 1053 nm 的光，通过三硼酸锂 (LBO) 晶体实现腔内倍频转换成绿光。激光谐振腔中相对高的峰值功率优化了输出耦合，每次通过 LBO 晶体获得适度的转换效率，但总转换效率却非常高。因此，长度短且成本低的 LBO 晶体、加上相对大的泵浦光斑尺寸，可用于将红外光转换为绿光。腔的设计、选择温度较低的 LBO 晶体材料以及最大化光斑尺寸，减小了镀膜和晶体上

的应力，从而最大限度地提高了系统的可靠性和寿命。

可调谐红光模块

为了最大限度地提高组件的使用率和生产量，核心激光 - 振荡腔也安装在同样的紧凑外壳中，如同绿光模块一样，作为红光模块的基础。它使用相同的二极管巴条泵浦的 Nd : YLF 激光器产生红外光，然后通过和频 (SFM) 子系统有效地产生可调谐、无散斑的短波长红光。该光源输出波长小于 620 nm，并具有比现有 640 nm 红光二极管光源高得多的发光效率。

红光模块与绿光模块的尺寸相同，并且使用相同的基础设施。使用可调谐到不同光谱带的双红光模块，可以实现有效的基于滤光片的 3D。对可调谐的宽带红光模块与相邻的光谱输出波段进行堆叠，即使是在银 3D 屏幕上，也可以消除红色散斑。

蓝光模块采用成熟的、低成本的、基于氮化镓的数瓦级激光二极管的光纤耦合集合，可提供广泛的波长选择。



图2：2012年美国全国广播协会 (NAB) 电影院技术峰会上，在3D Cinema Demo活动中所演示的激光引擎原型。

下转第24页





紫外激光器

紫外激光器提升 PCB 制造工艺

PCB设计的趋势正朝着更小的特征尺寸和更高的密度发展，其对支持快速增长的高科技消费产品市场至关重要。市场对激光加工能力提出了新要求，先进的UV DPSS激光器系统是满足此类需求的最佳选择。

Jim Bovatsek, Ashwini Tamhankar, Rajesh Patel; Newport公司

印刷电路板（PCB）的设计正在推动电气性能向更高的极限发展，以努力提升各种设备（尤其是消费电子设备，如智能电话、平板电脑和GPS设备）的性能与小型化。随着集成电路（IC）制造的不断进步，与设备交互所需的接口的数量和密度持续增加。

这种趋势反过来又增加了对更小、更密集的PCB特征，包括小直径微通孔和高密度互连（HDI）图案的需求。此外，封装技术从多芯片模块（MCM）到球栅阵列（BGA）和芯片级封装（CSP）的发展，继续缩小了到晶圆级加工的尺寸差距。

为了满足这些设计的材料加工要求，紫外激光器将有望获得越来越多的应用机会。来自作为激光器的高能光子可被各种材料吸收，并干净地烧蚀这些材料，较短的波长允许紧聚焦——这对于精细特征及高强度加工都非常有益。

激光钻通孔

激光钻通孔是激光器在PCB制造中的入门应用。从20世纪80年代末期^[1]开始到整个20世纪90年代^[2]，激光快速加工“盲孔”（孔深位于PCB板内部某个预定的深度，不贯通）的能力，是PCB制造业的福音。激光加工技术与压合增层工艺的进步相结合，使得多层PCB板结构成为可能，用以满足不断缩小的半导体器件制造节点的需求。

高密度封装对小直径盲孔不断增长的需求，为激光器创造了一个快速增长的市场。通常，在最厚的PCB板上打通孔使用机械钻头、钻大直径盲孔使用CO₂激光器；但是在最先进的PCB板结构中，直径最小的微型孔是利用紫外（355 nm）波段的二极管泵浦固态（DPSS）激光器的调Q纳秒脉冲来加工的。

典型的盲孔钻孔应用包括去除几十微米的积层树脂（例如ABF或Ajinomoto积层膜），以暴露下方的铜层。对于直径小于约50~60 μm的孔，紧聚焦能力对于CO₂激光的长波长（约10 μm）来讲是个显著挑战，并且相对较

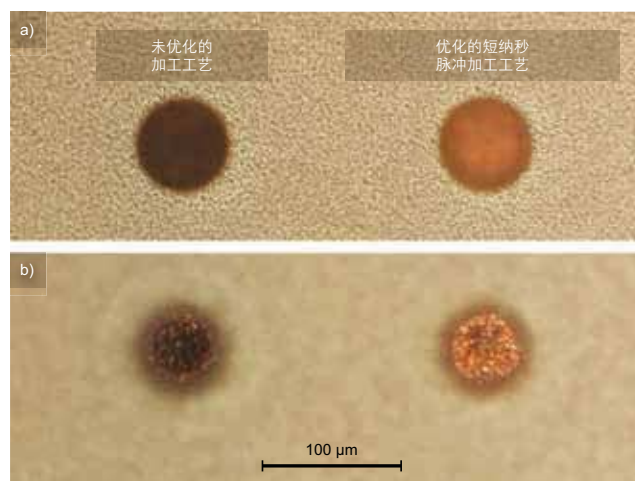


图1：在GX系列积层膜上制造的直径约60 μm的PCB盲孔的ABF表面视图（a）和铜基板的视图（b）。利用短纳秒脉冲的优化工艺使得铜表面适合电镀。

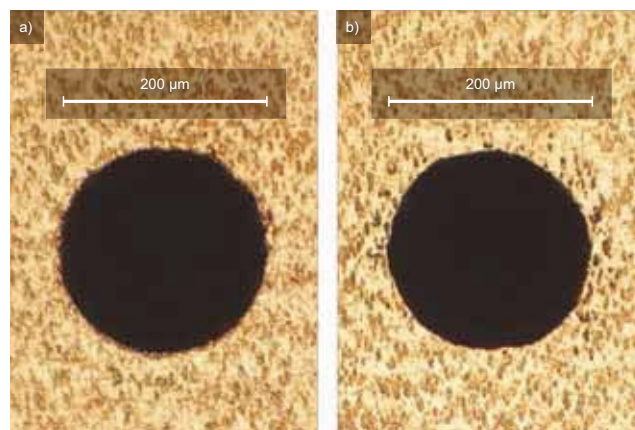


图2：在2.3 mm厚的覆铜箔FR4板上进行高纵横比、直径200 μm激光钻孔加工的入射面（a）和出射面（b）；钻孔速率大于每秒10孔。





大的熔体再成型效应也会带来更多挑战。与此相反,利用短纳秒、调 Q 输出的 355 nm 脉冲能够获得干净的光烧蚀,从而实现高质量、无熔融的微通孔加工(见图 1)。

由于微通孔的小尺寸,以及材料对 355 nm 波长光的强吸收,因此钻孔应用并不需要非常高的脉冲能量,仅仅几十微焦就足够了。然而,如图 1 所示,未优化的加工工艺可能产生较差的效果,使得铜表面不适合后续的电镀。为了获得最好的质量,使用短纳秒激光脉冲和顶帽光束整形^[3],使得暴露的铜表面产生最小的损伤/氧化和最小的侧壁斜度,这两个因素对保证随后的铜电镀层具有良好的附着力至关重要。

在图 1 中,高质量的微通孔是由光谱物理公司的 Hippo 355-5 激光器系统(功率 5 W,脉冲重复频率 50 kHz)钻出的。尽管利用这种激光器能够实现约每秒 500 孔的良好钻孔速度,但是利用目前更高功率的 UV 激光器(如光谱物理公司的 Pulseo 355 nm、20 W 激光器)能够实现更先进的钻孔工具,钻孔速度能够达到每秒约 2000 孔甚至更多,当然这取决于孔径树脂的厚度。

尽管钻微型盲孔是 355 nm 调 Q DPSS 激光器的基本钻孔应用,但是最近一代更高功率的紫外激光器,在更厚的坚硬 PCB 上钻直径更大的孔方面,也展现出了应用潜力。这些材料通常包含玻璃纤维与环氧树脂,因此高脉冲能量和短脉冲宽度都是有利的条件。图 2 显示了用 Pulseo 355-20 紫外激光器在厚度 2.3 mm 的敷铜箔 FR4 材料板上钻出的直径 200 μm 的通孔。

图 2 中的孔是以超过每秒 10 孔的速率加工而成的,该速率比客户的要求快 2.5 倍。另外值得注意的是实现的高纵横比:在超过 2.3 mm 的厚度范围内,出射和入射孔

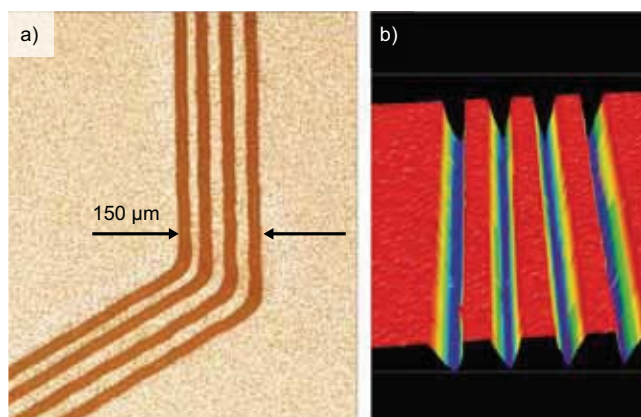


图3:利用光学显微镜(a)和三维光学轮廓分析仪(b)看到的凹槽。这些凹槽用激光直接成图方式在树脂中加工而成,凹槽尺寸为20 μm (宽度、深度、间距)。

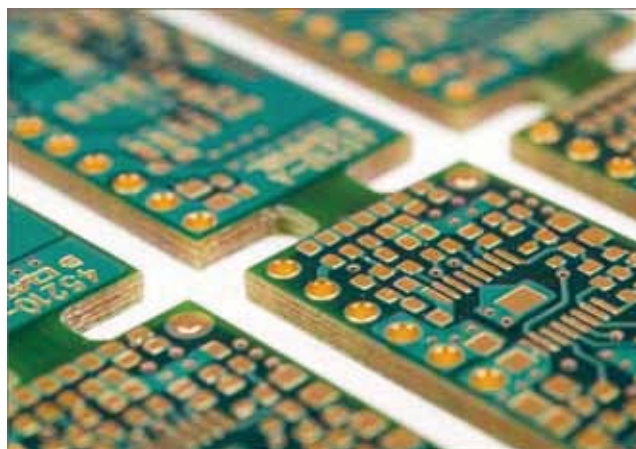


图4:多个单独的电路板连接在一起的PCB板,准备使用激光实现分板加工。

的直径仅仅相差 5 μm ,形成一个近乎完美的圆柱通孔,侧壁角度大于 89.93°。

为了快速钻出大直径、低锥度孔,可以利用双轴扫描振镜系统和一个短焦距 f- θ 透镜执行多扫描环钻生产。此外,还可以利用 Newport 的 IMS-V 系列高负荷线性平台实现精密的聚焦位置控制,该平台能够在整个切割过程中调整定位。

用于HDI的激光直接成图

利用紫外 DPSS 激光器实现微通孔钻孔,促进了 PCB 制造朝着更小、更密集的布线图案发展。为了进一步向着小型密集化的方向发展,紫外激光器的精密加工能力也正被用于布线构图。目前的技术包括激光直接成像(LDI)^[4],其使用相对低功率、低脉冲能量的激光器将布线图案曝光到光敏胶上,以进行后续的化学刻蚀。

现在,越来越多的工作致力于将最高功率的紫外激光器应用在下一代 HDI 加工的激光直接成图(LDP)上。^[5]在 LDP(也称为激光直接烧蚀 LDA)中,没有额外的刻蚀工艺;而是采用更高强度的激光脉冲,在树脂材料中将凹槽烧蚀到合适的深度和宽度,以进行随后的铜沉积。LDP 加工可以很容易地生成 20 μm 或更小的布线宽度与间距(见图 3),未来该尺寸可能还会缩小。

图 3 中的特征是利用扫描聚焦高斯光束直接烧蚀形成的,加工速率在米每秒的范围。对于这种方法,使用高输出功率、高重复频率的激光器是一种很好的解决方案,如 Pulseo 355-Turbo 激光器系统,该系统在 250~500 kHz 的重复频率范围内,具有较高的功率和脉冲能量稳定性。

根据光束传输系统的配置(并且考虑平行分束加工的



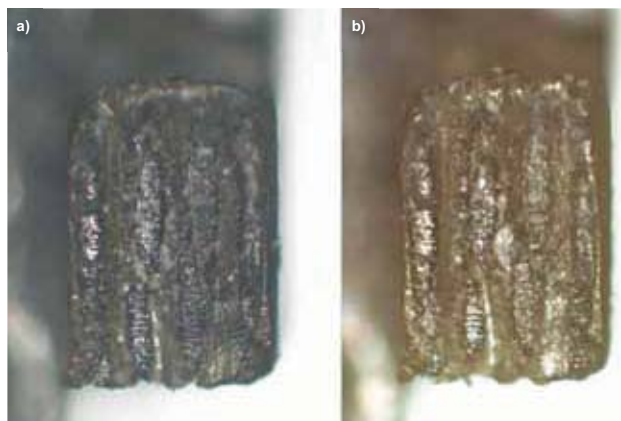


图5: 处理不当会产生严重的碳化 (a), 而优化工艺能够获得最佳质量, 实现洁净切割 (b)。

潜力等), 20 W 的输出功率能够以超过 5 m/s 的速率加工尺寸为 20 μm 的 LDP 特征图案。对于未来更小的特征尺寸, 由于可以使用更密集的光束, 因而可能实现更高的速率, 所以仅需要较低的能量便能获得相同的能量密度。

PCB 电路板分板

紫外激光器也可用于后端 PCB 加工。尤其是将已制作好的装置从 PCB 板中分离出来。该步骤称作电路板分板, 该应用对紫外激光器而言是一个不断增长的市场。电路板分板的传统方法是使用机械铣刀。然而, 制造商正在设法增加电路板分板的产量、降低耗材的成本 (见图 4)。

尽管 CO₂ 激光器也适用于一些分板作业, 但其常常在切割面留下明显的碳化或碳化物。对于许多应用来说, 这是无法接受的, 因为这会引发性能方面的问题, 例如碳化产物可能会导电、吸湿, 从而导致设备故障。此外, 碳化化合物具有强烈的芳香, 这对于那些产品贴近用户脸部的应用 (如移动电话和免提蓝牙耳机) 来说也是无法接受的。

最近, 绿光 (532 nm) 调 Q DPSS 激光器在多种 PCB 加工中展现出了良好的能力, 包括坚硬的薄 PCB 材料的分板。^[6] 然而, 对于较厚的 PCB, 为了获得最佳质量, 工具供应商正期待着使用 355 nm 调 Q DPSS 激光器。目前, 这类激光器所提供的功率水平、可靠性和价格主要面向高产量 PCB 制造的需求。此外, 通过精心的工艺优化, 使用这些激光器可以将碳副产物的形成最小化, 甚至完全避免 (见图 5)。

图 5 中给出的分板例子是汽车方面的应用, 其必须能在极端温度和极端湿度的恶劣环境下工作。PCB 电路板分板使用的是 Pulseo 355-20 激光器系统。激光器的短纳

秒脉宽以及可变的脉冲频率, 使得输入到材料中的热量可以控制。同许多其他应用一样, 该应用也需要在产量和质量之间进行折中。为了实现产量最大化, 连续快速扫描将在几秒钟内切割连接处, 但是会增加碳化 (见图 5a)。

另一方面, 如果要想实现最佳切割质量, 通过引入冷却延迟来减缓加工过程, 则会导致产量降低, 但是碳化程度较低, 甚至无碳化 (见图 5b)。利用 355 nm 的短纳秒脉宽, 终端用户能够调整加工过程, 这样用户便可以根据自身的应用需求, 在产量和加工质量之间选择一个合适的折中点。□

参考文献:

1. D. Korf, "Laser Drilled Blind Vias Increase PCB Real Estate," *Electronic Packaging and Production*, 56–57 (1987).
2. L. Burgess, "Multi-depth Blind Vias in Surface Mount Pads for BGA, μ BGA, QFP and CSP," *IPC National Conference: Solutions for Ultra High Density PWBs* (1996).
3. "High-performance Printed Circuit Board Production Equipment for Ultra-high Density Multi-layer Wiring," *Hitachi Review*, 60, 5, 216–221 (2011); <http://bit.ly/V2m2wJ>.
4. S. Corbett et al., "A High-Density, Resin-Coated-Foil (RCF) Substrate Utilizing Mask and Direct-Write UC Laser Photolithography," *International Conference and Exhibition on High Density Interconnect and Systems Packaging* (2001).
5. D. Meier et al., "LDP for Low Cost Flex," *Printed Circuit Design & Manufacture*, 22, 10, 36 (2005).
6. A. Tamhankar and R. Patel, "New Generation Q-Switched DPSS Nanosecond Green Laser for Efficient Micromachining Applications," *Proc. ICALEO 2012*, M1306 (2012).

OptiGrate乔迁新址满足日益增长的客户需求

为了满足全球客户对 VBG 光栅日益增长的需求以及未来的发展, 体布拉格光栅制造商 OptiGrate 公司已经移至奥兰多工业园区的新地址。新厂房占地 1000 平方米, 用于设计和加工体布拉格光栅产品。厂房包括光热折射玻璃生产部门、VBG 全息生产部门、VBG 激光应用发展实验室。

目前新厂房已正常运行, 并开始向客户出货。此次迁移将大幅提升 OptiGrate 的生产力, 更好地满足全球客户日益增长的需求。昊量光电独家代理 OptiGrate 的产品。





超快激光

飞秒激光实现无热微加工

Tony Pisano, Raydiance公司

无热加工精密工件的能力，对微制造有着显著影响。无热加工意味着整个加工过程对工件没有热损伤。无热加工能够使制造商仅通过单一步骤就能完成工件创建，从而避免了其他激光或机械加工方式所引起的热损伤而导致的昂贵、耗时的后续处理。下文介绍了无热加工背后的技术——飞秒激光技术。飞秒激光作为一种制造工具，正在帮助世界各地的公司制造更好的部件，提供比其他工具更快、更经济的加工方案。

背景

人们不断开发新产品以创建更好的生产生活方式。在本世纪，这通常意味着产品体积更小、速度更快、更高效。与此同时，这样的新产品也为加工制造带来了巨大挑战。精密制造

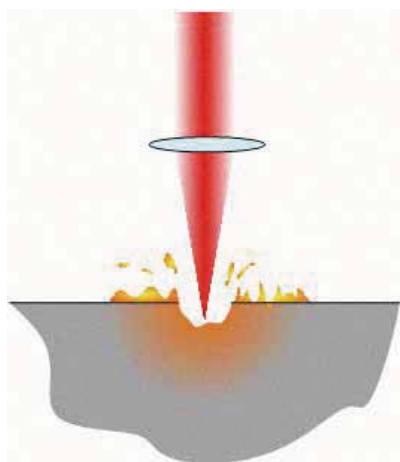


图1：由连续波激光或长脉冲激光（脉冲持续时间为纳秒或几个皮秒）实现的烧蚀，目标周边的区域被加热，导致工件受到了热损伤。

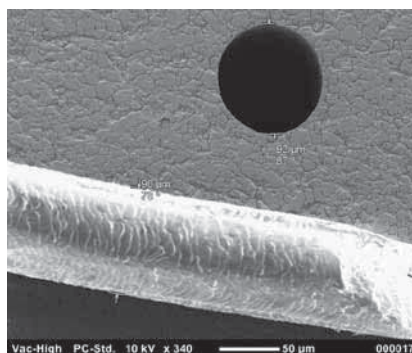
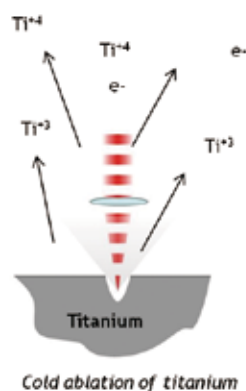


图2：上图是利用飞秒激光照射钛的示意图。该烧蚀过程是通过光学击穿产生的。脉冲的持续时间短于热扩散时间，这意味着工件不吸收热量，因此不会对加工目标点周围的区域造成热损伤。下图是利用飞秒激光在830 μm厚的不锈钢（400）上加工的一个直径92 μm圆孔的扫描电子显微镜（SEM）图像，图中放置了一根头发作为对比。

所涉及的材料（如生物可吸收性聚合物、形状记忆金属、硬质材料、层压板和多层复合材料）往往很难用传统方法加工。随着产品的特征尺寸变得越来越小，它们几乎无法承受任何热损伤，而热损伤恰恰是传统的激光加工和机械加工过程中最常见的一种副产品。传统加工过程通常需要耗时、耗力、成本高昂的后续处理来消除热损伤造成的影响。

工业级飞秒激光技术正在为这些挑战提供新的加工解决方案。飞秒激光器能够实现真正的无热烧蚀，实现工件的精密加工而不造成任何热损伤。

材料烧蚀：有热与无热的对比

传统的激光烧蚀本质上是一种热力学事件。例如，连续波（CW）激光器发射稳定的光子束，并被目标工件线性吸收。换言之，激光能量和其相关联的电场在晶格电子中产生振荡，但是其强度尚且不足以打破原子键、并将电子从目标原子中解放出来。振荡最终将热量传递给目标工件，结果导致经典的热力学相变发生：固态到液态、再到气态。



图3：用纳秒激光器加工的血管支架。图中展示了以毛刺和热影响区（HAZ）等形式表现出来的热损伤。这样的工件通常需要多个后续处理步骤以满足应用要求。



图4：利用Raydiance公司的飞秒激光平台加工的钛合金支架。加工后的支架可以直接进入抛光步骤，免去了传统加工过程所需要的多个珩磨和蚀蚀步骤。





应用天地

Applications

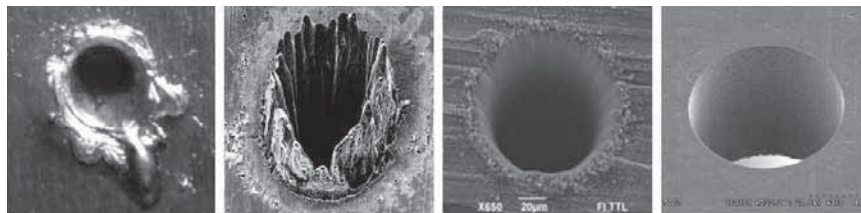


图5: 从左到右分别为使用连续波激光、纳秒激光、皮秒激光和飞秒激光加工的微孔。从图中可以看出, 飞秒激光加工的孔无毛刺、重铸或其他与热效应相关的副作用。

在某些情况下, 材料发生简单地燃烧。随着目标原子和 / 或分子可能被烧蚀, 相当多的热量传递到加工目标点周围的材料中, 造成不必要的热损伤 (见图 1)。

相比于连续波激光烧蚀, 飞秒激光烧蚀是一个非线性过程, 称为光学击穿。这是一个电子事件, 而非热力学事件。

飞秒激光器发射脉冲长度小于皮秒的光脉冲, 通常在几百飞秒的范围内。更短的脉冲创建了一个非常强的电场, 能够剥离目标原子, 并产生一个瞬态的带电粒子云。随后, 静电力引起目标离子被溅射出来。这个烧蚀过程发生的速

度远远快于热扩散。这样一来, 便可以实现精确的工件加工, 并且不会向工件中引入热量 (见图 2、图 3)。

飞秒激光器和连续激光器之间有一个连续的脉冲宽度演变。通常, 随着脉冲宽度延长到皮秒和纳秒范围, 脉冲的强度会随之减小, 并且烧蚀过程也会随之产生更多的热量。另外, 纳秒激光器和皮秒激光器的脉冲持续时间超过了典型的热扩散时间。因此, 虽然用纳秒激光和皮秒激光加工的过程中也会产生一定程度的光学击穿, 但是被加工的工件会吸收大量热量, 并产生热损伤 (见图 3)。

相比之下, 图 4 展示了用飞秒激光系统实现的加工精度。飞秒激光可以一步完成镍钛合金支架的精密加工, 然后直接进入电解抛光阶段, 免去了多个珩磨和化学刻蚀步骤。飞秒加工过程不但能极大地降低制造成本, 而且还不会产生热损伤, 从而保证了工件的完整性。

Raydiance 公司已经开发出了世界上第一个工业级飞秒激光解决方案。这是一款交钥匙型系统, 其可进行编程设定, 能够以工业级的可靠性和可重复性加工特定的材料和特定的几何形状。Raydiance 公司的解决方案能够通过单一步骤创建完整的工件, 已经赢得了世界各地的医疗、工业和消费电子领域的制造商们的青睐。目前, 这些制造商正在更换老旧的激光、电子和机械加工设备, 因为它们已经无法满足现有加工形状和加工质量的严格要求。□

上接第19页

使用 523.5 nm 和 526.5 nm 的输出驱动另外的非线性过程, 使其能够调谐绿色点。红色点也是可调谐的。可选的原色允许相同的引擎用于数字影院, 即所谓的“REC 709” (高清晰度电视格式标准) 或新的激光宽色域色彩空间, 能够最大限度地提高每瓦输入激光对应的输出流明。

激光引擎在 $12.6 \times 4.1 \times 7.9$ 英寸的壳体中包含了标准的 RGB 颜色模块 (见图 1)。该颜色模块包括激光器、诊断传感、内部热控制以及逻辑和通讯板, 其能够通过以太网实现外部引擎和远程网络控制。该壳体设计用于在 2.5RU 的标准 19 英寸机架上 (14 英寸深) 并排安装

两个模块 (获得超过 44,000 流明的无散斑绿光)。独立的引擎具有自身的外部电源和冷却系统。

激光颜色模块通过将小型光学组件直接精密地安装到热稳定的壳体上组装而成, 不需要调节或维护镜片。零件数量的减少以及装配的简化, 对满足数字电影标准的商业化要求至关重要。

颜色模块和引擎可以联网, 从而实现远程光源管理 (这是电影业长期以来的目标)。可以对参数 (如 RGB 输出功率、色点和白平衡等) 进行监控、分析和反馈, 以维持长期的系统亮度和图像质量, 这是基于灯泡的投影仪仍然缺乏的功能 (见图 2)。

其他用途

模块化、可扩展光纤传输 RGB 激光引擎也可用于其他显示和照明应用。例如, 通过光缆能够将固态光源的激光照明传输到远达 300 英尺的位置, 从而使得在高亮度、高分辨率的大型标识系统中的许多应用成为可能。

与内容、声音和自动化一样, 现在光也可以支架式安装在服务器机柜中, 传输到多个显示器。市场上也有许多纯照明应用, 对这些应用 (例如在那些灯泡无法更换、以及不希望使用电线的环境中) 而言, 激光照明将会使它们受益匪浅。□





量子级联激光器

长波长量子级联激光器在 $9\mu\text{m}$ 获得 2W 功率

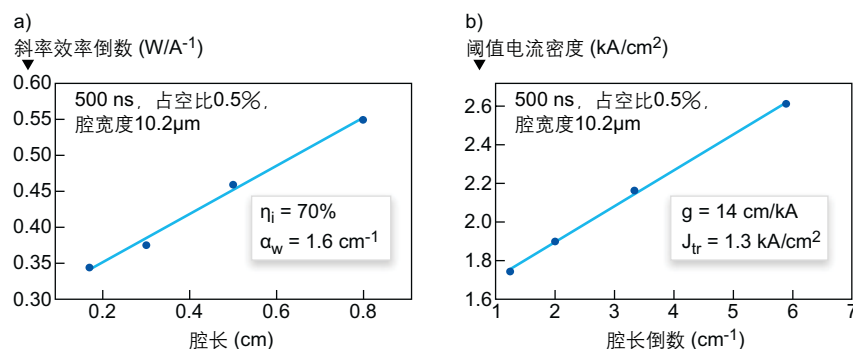
John Wallace

美国 Pranalytica 公司和加州大学洛杉矶分校的研究人员，制造出了室温下转换效率分别为创纪录的 16% 和 10% 的脉冲及连续波 (CW) 长波长量子级联激光器 (QCL)。^[1] 基于速率方程的改进激光模型的预测结果与实验结果相吻合，这强化了该成果的意义，增强了研究人员的信心，使他们相信未来可以使用该模型预测结果。

激光器设计采用非共振抽取式，45 级 QCL 的有源区发射波长为 $9\mu\text{m}$ ，基于应变平衡的铟镓砷/铝镓砷 ($\text{In}_{0.58}\text{Ga}_{0.42}\text{As}/\text{Al}_{0.64}\text{In}_{0.36}\text{As}$) 结构，量子阱的应变为 0.36%、垒层的应变为 -1.10%。激光芯片安装在氮化铝/碳化硅复合基底上。

激光器的光学波导在 $3\mu\text{m}$ 包层中具有较低的 ($2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) 的掺杂水平，其将自由载流子波导光学损耗降低到 1.1 cm^{-1} ；与有源区光学模式的交叠为 52%。在 QCL 层和金属顶部接触之间放置一个高度掺杂的 ($8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 的 $1\mu\text{m}$ 厚的等离子体层，这有助于对吸收接触中激光光学模式的去耦。

在 293 K 的温度下，表面未镀膜 的 $3 \text{ mm} \times 10 \mu\text{m}$ 的激光芯片，在脉冲运行 (脉宽: 500 ns, 占空比: 0.5%) 和连续运行下产生的最大光功率分别为 4.4 W 和 2.0 W。在这两种运行模



图：通过实验测得的斜率效率 (a) 和阈值电流密度 (b) 与 QCL 腔长的函数关系，可以确定注入效率。这里，得到的注入效率 (η_i) 为 70%，波导损耗 (α_w) 为 1.6 cm^{-1} ，微分增益 (g) 为 14 cm/kA ，透明电流密度 (J_{tr}) 为 1.3 kA/cm^2 。除阈值电流密度以外，所有的参数都可以通过模型来确定。

式下，激光芯片的阈值电流密度分别为 2.1 kA/cm^2 和 2.5 kA/cm^2 ，斜率效率分别为 2.8 W/A 和 2.1 W/A 。研究人员指出，光功率和效率比先前报道的同类量子级联激光器的结果高出两倍以上。

半经验模型

由于仍然不能预测“注入效率”这一参数，因此该模型实际上是半经验模型。“注入效率”这一参数可以从激光斜率效率和阈值电流密度与腔长之间的函数关系中导出 (如图所示)。通过实验确定的注入效率为 70%，这使得该模型可以准确预测微分增益和透明电流，同时也显示了模型的一致性。

研究人员希望通过一种非经验化方式将注入效率引入到模型中，使其在研究中有更广的适用范围。他们

假定注入效率为 100%，因为在实际情况中，该目标可能会成为现实。此外，详细研究注入效率的机制将有助于模型具体化。

波导损耗 (1.6 cm^{-1}) 和自由载流子损耗 (1.1 cm^{-1}) 之间的差异为 0.5 cm^{-1} ，该值小于激光器总损耗的 10%。这一点非常重要，因为这意味着就损耗而言，该模型只需要考虑容易计算的自由载流子吸收。

最终研究人员获得了强大而高效的激光。激光可以完全进行建模的事实，将有助于适用于气体传感和自由空间通信应用的、更强大的长波长 QCL 的进一步发展。□

参考文献：

1. A. Lyakh et al., Opt. Exp., 20, 22, 24272 (Oct. 22, 2012).





光子晶体光纤

压力辅助实现 PCF/SMF 低损耗熔接

John Wallace

重庆大学和香港城市大学的研究人员报道了一种具有极低损耗的光子晶体光纤 (PCF) 与传统光学单模光纤 (SMF) 熔接的方法。^[1]该方法适用于实芯 PCF 和空芯 PCF：其中实芯 PCF 与 SMF 的熔接损耗 (波长 1550 nm) 为 0.40 dB；空芯 PCF 与 SMF 的熔接损耗为 1.05 dB。这种熔接技术将有望在“基于 PCF 的尖端通信和传感系统中”发挥重要作用。

上述熔接是利用日本古河电工公司制造的传统熔接机完成的。为了实现如此低的熔接损耗，研究人员在熔接过程中向 PCF 的空气孔中泵入了氮气 (N₂)，并根据 PCF 的特性精确地调节气压。

PCF 的两种类型

实验中，研究人员选择了丹麦 NKT Photonics 公司生产的两种不同类型的 PCF——空芯 PCF 和实芯 PCF。空芯 PCF 通过带隙效应实现导光；而实芯 PCF 以单模形式导光，空气作为纤芯的包层。

这两种类型 PCF 的模场直径 (MFD) 都不同于传统的 SMF，这通常会导致较高的熔接损耗。但是，如果 PCF 中的空气孔部分坍塌，就能够使两种不同类型光纤的 MFD 相匹配。研究人员的计算结果表明，实芯 PCF 的 MFD 如果要与 SMF 的

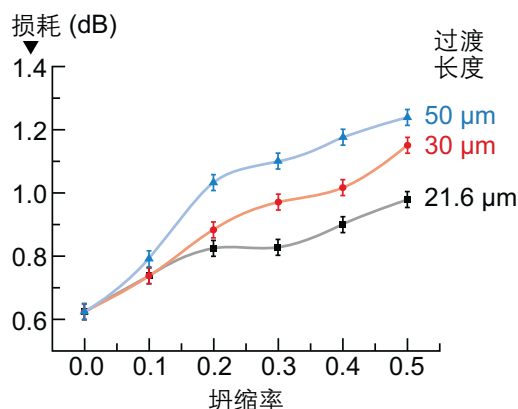
10 μm MFD 相匹配，其坍塌率需要达到 0.5~0.6 之间。

然而，为了实现熔接，PCF 的模场尺寸过渡必须是平滑的。当熔接电弧放电后，光纤温度沿着光纤方向平滑地过渡就能达到该目的，这样离放电处越远的光纤，随着距离增大坍塌逐渐减小。

这项新方法的有趣之处在于，不同于以往缩小整个 PCF 直径的孔坍塌方法，N₂ 气体有足够的压力保持 PCF 的外径不发生变化，同时允许其内部结构缩小尺寸，以匹配 SMF 的 MFD。

利用加拿大 Optiwave 公司的全矢量光束传播建模软件进行模拟。模拟结果表明，如果过渡长度为 20 μm，坍塌率介于 0.457~0.592 之间，实芯 PCF 到 SMF 的熔接损耗最低，该结果与研究人员的计算相吻合。进一步的建模表明，通过仔细调节熔接长度和坍塌率，能够使与熔接有关的光谱损耗降至最小。

与之相反，对于空芯 PCF，其对光束的限制仅仅源于光纤的光子带隙，在熔接过程中不允许空气孔坍塌，因为空气孔的坍塌将破坏带隙效应。光束传播模型证实了这点：其在没有孔坍塌时展示出了最好的熔接性能 (见图)。



图：采用全矢量光束传播建模软件进行模拟。模拟结果表明，当空芯 PCF 与传统 SMF 熔接时，坍塌率为零时具有最佳性能，这是由于空芯 PCF 中的光子带隙效应很容易被坍塌破坏。

实验

在实验室中对这两种类型的光纤分别进行了 16 次熔接。对于实芯 PCF (允许部分坍塌)，N₂ 的最佳气压约为 1.3 bar；对于空芯 PCF (完全不允许坍塌)，N₂ 的最佳气压约为 1.7 bar。如果不施加气压，这两种类型的 PCF 都几乎完全坍塌。

当光从 PCF 传输到 SMF 中时，对于实芯 PCF 熔接损耗为 0.40 dB，对于空芯 PCF 熔接损耗为 1.05 dB；对于过渡来说，从 PCF 到 SMF 是更艰难的方向。对于反方向传输 (光从 SMF 传输到 PCF)，熔接损耗更低：SMF 到实芯 PCF 和空芯 PCF 的熔接损耗分别约为 0.1 dB 和 0.3 dB。□

参考文献：

1. T. Zhu et al., Opt. Exp., 20, 22, 24465 (Oct. 22, 2012).





高功率光纤激光器

高功率光纤激光器用于石油钻探

Jeff Hecht

美国能源部能源高级研究计划局 (ARPA-E) 资助的最大项目，三年前就表示将在激光领域有所作为。最近，美国 Foro Energy 公司展示了由特种光纤传输的功率达 20 kW 的激光系统，其能钻透坚硬的岩石。“我们已经完成了概念验证测试，目前正在开发适合现场部署的硬件。” Foro Energy 公司技术总监 Mark Zediker 表示。预计该激光系统将在地热能源以及石油和天然气的开采中大显身手。

一个多世纪以来，机械钻井一直是石油和天然气开采的标准方法。然而，开采过程需要穿透坚硬的岩石，通常需要在钻头上施加几十吨的重量，因此钻头的破损非常快。因此，对于许多被坚硬岩石覆盖的潜在地热能源以及石油天然气的开采，机械钻井方式缺乏经济性。

2009 年，ARPA-E 资助 Foro Energy 公司 914 万美元开发“低接触”钻井技术，用于开采地热能源。地热能源通常必须从非常坚硬的火山岩中提取出来。该项目的开发目标是将钻井成本降低近 10 倍，产生无碳地热能源。在私人资金的支持下，目前 Foro Energy 正在为石油和天然气开采研究相同的技术。

Foro Energy 开发的钻井过程向岩石表面发射高功率激光束，迅速将岩石加热到数百摄氏度。高功率激光与机械钻头联合工作。热冲击导致岩石表面产生几毫米深的“碎裂”和软化，这样便可以比较容易地用机械钻头将



图：一套便携式石油钻井装置包括一台 20 kW 光纤激光器和低损耗光缆。波长 1070 nm 的高功率激光束射到井下碎裂、软化岩石，使得机械钻头能以较低功率去除岩石。该过程将钻井所需要的能量潜在削减了近 90%。

岩石清除。

这种“激光-机械钻头”相混合的钻井工艺，大大降低了能源消耗。通常，大钻机需要的能量约为 1.5 MW；而该 20 kW 光纤激光系统需要的能量为 100 kW，而钻头去除软化岩石是能耗只有 7.5 kW。

大约早在 50 年前，人们就建议利用激光进行石油钻探，但是当时缺乏适用的高功率激光器以及其他相关技术。高功率光纤激光器技术的发展，帮助 Foro Energy 的钻井系统实现了商业可行性。此次 Foro Energy 公司购买的 IPG Photonics 公司的 20 kW 光纤激光器。“这些光纤激光器大幅改善了我们系统的商业可行性。” Zediker 说道。

该系统的另一项关键技术是 Foro Energy 公司开发的特种光纤，其能将激光功率从激光站传输到位于地表至少 4 km 以下的表面。在如此远的距离内传输高达 20 kW 的功率，需要减少受激布里渊散射，这限制了传统光纤的使用。Zediker 透露，其特种光纤所采用的技术涉及增加纤芯尺寸、采用多模传输、避免纤芯偏振、使用非相干多模激光源，以及沿光纤长度具有不同的温度和机械应力。

光缆穿过钻机，并由金属护套保护。金属护套内具有 0.125 英寸的胶体环绕光纤，光纤已经通过了 200 °C 高温测试和地下 4 km 深处预期的压力测试。光纤的衰减接近光纤激光器输出的 1070 nm 光的瑞利散射极限，约 0.7 dB/km，对应的 4 km 长光纤中的衰减为 3 dB。

另一项重要的创新是光纤连接器，其能够承受深井中的高温和高压，不需要流动水冷却。通常在 20 kW 的功率水平都需要流动水冷却，而这在深井中是不可行的。输出端口安装在钻头上，这样激光便能在钻头正下方加热岩石。

100 kW 系统 will 很快推出

Foro Energy 公司的近期计划包括在更高的功率下测试该系统。从实验室走向现实应用是一项挑战，但是 Foro Energy 已经引起了钻井公司的密切关注，并显示出了浓厚的合作兴趣，包括巴西石油公司 Petrobras。

下转第 29 页





科学仪器

深度揭秘好奇号火星车搭载的科学仪器 ChemCam

作者: Tim Hayes; 东隆科技编译

好奇号火星车在成功抵达火星并完成一系列着陆步骤后,开始了为期两年的火星表面勘探的科研工作。

该科研项目使用 ChemCam 化学与照相机科学仪器实现目标物的可视化,火星车桅杆装载的 ChemCam 由一个激光诱导击穿光谱仪 (LIBS) 和一个高分辨率成像仪组成。ChemCam 是首个 LIBS 技术在行星科学中的应用实例,并且已经成功发出过激光并分析好奇号周围选中的火星岩石。

虽然 LIBS 的原理相对较简单明了,但考虑到好奇号火星车所工作的特殊环境,该仪器的实际应用克服了诸多挑战。

更小巧便携的激光器

ChemCam 中的激光器由法国 Thales Optronics 公司研发制造。据该公司项目经理 Eric Durand 介绍,早在 2001 年,ChemCam 配件供应商之一法国国家空间研究中心 (CNES) 在首次和 Thales Optronics 沟通时就提出,Thales 的产品 Diva 半导体泵浦固体激光器的光学性能很适合火星 LIBS 勘探应用,但是需要缩小体积和重量以适应航天环境的严苛要求。

Diva 激光器原来设计为在常温下工作,设备需要改进为能在无主动冷却系统的条件下,在温差为 60 °C 的环境温度下运作。对重量的要求更加苛刻: Diva 激光器原来重 10 kg,

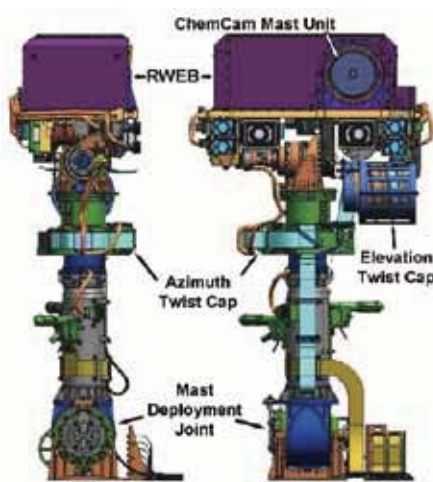


图1: 好奇号火星车的桅杆竖起,顶部装载ChemCam。

CNES 要求 Thales 研发出重量只有 500 g 的激光器,并且要求该激光器能够顺利通过火星之旅。

在解决方案中,去除了所有的温控组件,以减小整体的体积与质量。另外,由一个振荡器加上两个板条放大器的系统也被应用于设计中。但是以上两点需要系统具有更强的传导冷却能力。

原来的 Nd:YAG 激光介质被替换成了 Nd:KGW 晶体棒或者掺钕钨酸

钾钨晶体,并由 700 W 的二极管堆栈纵向泵浦。Nd:KGW 晶体棒的宽光谱吸收特性,使其在大温差范围内具有极小的吸收率波动,从而可以实现二极管和激光棒的传导冷却,以便在大温差的火星环境中工作。

研发团队同时改进了 Q 开关系统,原来的 4 kV 供电不太适合用于其他行星,通过改用基于 RTP (磷酸钛氧铷) 普克尔盒的 Q 开关系统,只需要 1 kV 供电,并且可在要求的大温差范围内工作。

令人振奋的是,早在 2003 年当 ChemCam 被正式确认为好奇号火星探测组件时,Thales 就研制出了在实验环境中运作良好的光学组件,并在接下来的 4 年中构建 6 组不同的模型来研究系统参数,并于 2007 年交付用于最终飞行设备。

据 Durand 介绍,他们几乎完全重新改造了激光器,尽管这项工作充满了挑战,但是他们最终还是成功地改造了满足如下工作要求的激光器: 一个输出 24 mJ 以上脉冲能量、8 ns 以



图2: ChemCam向火星岩石发射激光束,右图岩石上打出了几个小孔,根据激发的等离子体光谱分析火星岩石的化学组分。





Featured Product

产品特写

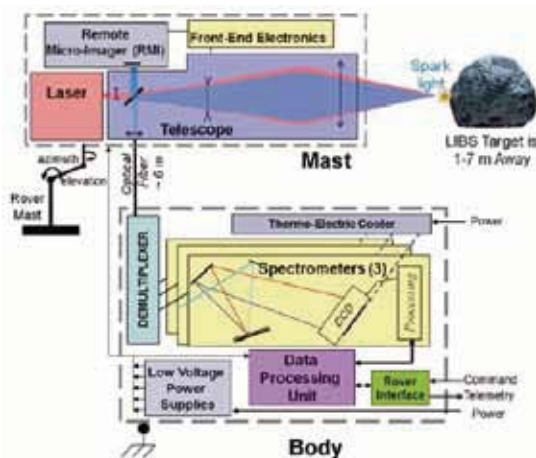


图3: LIBS技术的实际应用原理图。



图4: 接受测试中的ChemCam激光器。

内脉宽、1067 nm 波长的激光光源，并且它的理想工作温度为 $-20\sim+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

三重光谱分析仪

ChemCam 机身内还包含有 CCD 相机和光谱仪电子元件，分别安装在好奇号火星车的桅杆上，通过光缆接受激光激发产生的等离子光束。

ChemCam 包含的三个光谱分析仪由海洋光学提供，据该公司的 Rob Morris 介绍，基于 HR2000 型号的光谱分析仪经过了较大的定制改造，以达到更好的空间利用率。ChemCam 的三个光谱仪分别能检测三个不同波段的光谱：240.1~342.2 nm 的紫外波段 (UV)；382.1~469.3 nm 的紫光波段 (VIO)；474.0~906.5 nm 的可见光

以及近红外波段 (VNIR)。飞行外壳采用钛金属制作，三个光谱仪被去除顶盖后叠在一起，以减轻整体重量。

温度控制也需要一些技巧。用具有极低导热性的钛金属制作安装脚，以此提升光谱仪的绝热性能。光谱仪的侧面通过聚酰亚胺胶带贴着火星车外壁，另外一层胶带被贴在了火星车的内壁，用来增加两个表面的热传导，借助凌晨时火星车外壁的低温来进一步冷却光谱仪，直到外壁被日光照热。另外，系统中还加装了额外的热电制冷装置，以便进一步控制光谱仪的温度。

定制CCD相机

ChemCam 采用了由 e2v 公司提供的三个 CCD 相机，分别用于三个光谱仪。

三个 CCD 相机基于该公司的标准 4210 产品，其表面根据对应的不同光谱范围而分别进行了镀膜处理：扫描 UV 波段的 CCD 镀了普通商用紫外增透膜，扫描 VIO 波段的 CCD 镀了增强型宽带膜，扫描 VNIR 波段的 CCD 镀了全定制膜。

该项目经理 Wolfgang Suske 介绍，第三个 CCD 相机是 4210 产品的全新版，它采用了渐变式增透镀膜，也就是说，CCD 的不同区域的镀膜厚度是不同的，对不同波长的反射与位置相关，从而可以适当调整以达到该波段的最优性能。这项创新主要用来解决标准具效应带来的问题，标准具效应是指 CCD 探测器因其内部的干涉效应而对不同波长会有不同的响应，在 450 nm 以上的波段，这个问题会更明显。在 VNIR CCD 探头上使用渐

变式增透镀膜后，探测器上的每个像素栏就能与波长相匹配了。

商业价值

如 e2v 公司的 Suske 所说，在行星项目研发中出现的具有突破进展的镀膜技术，正是合同价值所在。

海洋光学将继续与美国宇航局和其他太空机构保持紧密合作。Morris 表示，该公司在各种项目中的贡献包括：对在太空中飞行的火箭监测，月球表面监测，以及各种非太空探索项目中推进科学发展的应用。

Thales 研发的 ChemCam 激光器还没有找到直接的商业应用。Durant 表示，尽管 LIBS 应用已经很普及很有用，但是考虑到激光器高昂的价格并且难以降低成本，这种太空应用激光器针对普通市场还并不具有较好的适应性。Thales 对该 LIBS 系统成功应用于火星探测感到非常自豪。□

上接第27页

该系统在商业上的成功将带来大量新的地热资源，减少碳排放量和能源成本。它也可以实现难以开采的石油和天然气储量的预先开采。Zediker 预测，激光钻井技术“将为功率 20 kW 甚至更高的激光器带来一股强大的市场推动力，这也是极高激光功率的第一个真正意义上的商业应用。”

Foro Energy 公司正在研究其他方法，将其光纤光束传输技术与机械工具相结合，使自然资源的开采更快、更安全、更便宜、更有效。石油、天然气、地热和采矿业每年在能源开采方面的花费超过 1000 亿美元，这将是一个蕴含丰富商机的巨大市场。□



新品展示

New Products

工业级飞秒激光加工平台

Raydiance 公司的 R 系列工业级飞秒激光平台可提供高达 10 W 的平均输出功率。其全新的 R-200 激光平台的工作波长为 1552 nm, 可提供重复频率高达 1 MHz、能量 80 μ J、宽度低于 800 fs 的超短脉冲。



R-200 激光平台完全由软件控制, 并且封装在一个牢固耐用的紧凑型全光纤结构中。Raydiance 公司的飞秒激光系统正在取代机械、电子及上一代激光加工解决方案, 为医疗、工业和消费应用提供无与伦比的加工精度、工业级的可靠性和更高价值的解决方案。

Raydiance, www.raydiance.com

25 W 光纤激光器泵浦源

FCMSE55 光纤耦合模块系列是光纤激光器的专用泵浦源。该系列产品的稳定输出功率为 25 W, 中心波长分别为 915 nm、940 nm 及 976 nm, 输出光纤芯径为 105 μ m, 数值孔径为 0.22。

FCMSE55 采用紧凑设计, 体积小巧, 并具有光电转化效率高、光谱窄、带有反射光隔离、稳定性高等特点, 更好地满足众多光纤激光器厂商的泵浦源需求。产品采用先进的平行封焊技术, 内置除湿装置, 保证良好的气密、防潮、低温工作等性能; 内置的反射光隔离器, 在 1040~1100 nm 波段, 隔离度可达 30 dB。



FCMSE55 所用材料符合 RoHs 标准。产品也可广泛应用于材料加工与医疗领域。

西安炬光科技有限公司, www.focuslight.com.cn

266 nm 新型深紫外激光器

Photonic Solutionsis 宣布推出来自 Teem Photonics S.A. 公司的两款新型深紫外激光器 SNU-20F-000 和 PNU-M01510-000。

其中 MicroChip 系列的新成员 SNU-20F-000 输出波长 266 nm, 性能获得显著提升, 平均功率从 2 mW 增加到 12 mW, 脉冲重复频率从 6 kHz 提升到 20 kHz, 能够满足从材料烧蚀到激光诱导荧光等多种应用需求。公司还提供光电二极管同步或准直等多种选项, 以满足用户的

更多需求。

PowerChip 系列的新成员 PNU-M01510-000 输出波长 266 nm, 输出脉宽小于 350 ps, 脉冲能量超过 15 μ J, 峰值功率超过 40 kW。该产品主要面向透明材料的打标与微加工。

Photonic Solutionsis, www.photonicsolutionsis.co.uk

DPSS Q 开关 Nd: YAG 激光器

立陶宛 EKSPLA 公司推出 DPSS Q 开关 Nd: YAG 激光器 NL230 系列。该系列纳秒激光器能在 100 Hz 的脉冲重复频率下产生 50 mJ 的脉冲能量; 或在 30 Hz 的脉冲重复频率下产生 140 mJ 的脉冲能量。该系列激光器采用二极管泵浦, 激光腔在运行中免维护。该系列激光器用于产生高亮度脉冲, 主要瞄准材料烧蚀、遥感、OPO、钛蓝宝石激光器或染料激光器泵浦等应用。

由于采用了 Q 开关, 该系统激光器的脉冲持续时间为 5~9 ns。激光器采用一种闭环式制冷机冷却, 消除了外部冷却水的需求, 进一步减少了运行成本。NL230 还提供广泛的附件选择, 以满足多种应用需求。通过谐波选择, NL230 可以获得 532 nm、355 nm 和 266 nm 的波长输出。此外其还具有谐波分离系统用于确保输出光具有较高的光谱纯度。

EKSPLA, www.eskpla.com

手持式激光系统控制器

LSC 1650 是一款手持型激光系统控制器, 可用于定制的激光系统、研究与开发, 以及任何可以想象得到的激光应用。LSC 1650 满足了用户要求用一个通用手持设备远程控制激光系统的需求。LSC 1650 为协调操控多个激光系统组件提供了一种便捷且具有成本效益的解决方案。此外, LSC 1650 的内部脉冲发生器、Q 开关触发、外部触发输入、同步输出等特性, 简化了激光系统的设计、监测与控制。



LSC 1650 的其他扩展功能包括: 电流水平、脉冲模式和联锁状态便于控制; 为二极管驱动器的输出提供电压和电流监测; 具有用一个 LSC 控制不同驱动器的能力; USB 端口可实现手动或计算机控制。

LSC1650 消除研究人员自己创建控制器的环节, 节省



New Products

新品展示

了宝贵的时间和成本。

Quantum Composers, www.quantumcomposers.com

20 W CW高效率激光二极管模块

AKELA Laser 公司推出波长范围 1030~1950 nm 的高效率激光二极管模块, 可提供高达 20 W 的连续波输出。其备有 SMA 输出接口, 可采用芯径 200 μm 和 400 μm 、数值孔径 0.22 的光纤输出。公司未来还将推出功率更高的模块, 以及带有光电探测器、引导光束、防爆屏蔽和光纤传感器等附件的产品。



该模块工作在较低的驱动电流下, 并内置热敏电阻。其 SMA 接口可令用户使用中意的光纤产品, 并且能够随时更换光纤。采用这些模块, 用户可以选择更便宜的驱动电子产品、电源和冷却方法, 从而有助于降低整体系统成本。此外, 公司还可根据客户需求定制产品。

AKELA Laser, www.akelalaser.com

具备卓越光束质量的超紧凑激光打标机

PowerLine Prime 12 是一款易于 OEM 用户集成的超紧凑型激光打标机。其采用二极管泵浦的激光源, 输出波长 1064 nm。激光器工作在 TEM₀₀ 模式, 确保了激光束的最佳聚焦和高打标分辨率。该产品提供绝佳的脉冲稳定性, 是要求苛刻的各种材料打标的理想选择。



PowerLine Prime 12 配备标准的工业接口和 19" 供电单元。紧凑的激光头以及可拆卸的连接方式, 保证了集成的高度灵活性。同时该产品还提供极具竞争力的价格。较低的运作成本以及灵活的服务, 将使其成为众多具有挑战性的打标应用的有效选择。

Rofin, www.rofin.co.uk

1kW@400 μm 光纤耦合半导体激光系统

DILAS 针对工业应用中的大规模生产需求, 推出其下一代光纤耦合系统 SF1000/400, 最大输出功率可达 1 kW, 单波长 976 nm, 是材料加工处理的理想选择, 尤其适合焊接、热处理以及薄金属焊接, 同样也可用作科研光纤激光器的泵浦源。

SF1000/400 基于宏通道冷却的半导体巴条, 结构紧凑, 光束易于操控。系统光束参数积 44 mm $\times$ mrad, 可采用自由包层 QBH 高功率光纤输出, 光纤芯径 400 μm 、数值孔径 0.22 或光纤芯径 800 μm 、数值孔径 0.12。系统也可以采用 Q5 (LLK-B) 工业光纤接头, 灵活性高。



这套一体化系统还整合配备了水/风冷冷却器、半导体电源、供外部连接的控制单元以及底盘和金属铠装光纤。

DILAS, www.DILAS.com.cn

NuQ系列激光打标用光纤激光器

NuQ 系列打标用光纤激光器拥有卓越的光束品质, 能实现更清洁、更精细、速度更快的打标, 适用于标记多种材料。

该光纤激光器已经在 Rofin 集团内部和 24 小时/7 天工作制的专业用户群中, 经过了长时间严苛的耐用性、稳定性及各种材料的应用测试。

NuQ 系列可提供输出功率为 20 W、30 W 和 50 W 的标准产品, 激光开启时间快, 能在一个更宽的重复频率范围内提供高峰值功率, 最大限度地使每瓦输出所产生的能量用于提高打标产能。NuQ 系列激光器凭借优质的单模光束品质, 使得超精细、超清晰打标成为可能。

Nufern 公司, www.nufern.com

高亮度多功能光纤耦合模块

FCMSE56 系列光纤耦合半导体激光器可提供 808~976 nm 波段的 2~15 W 激光输出; 输出光纤直径为 105 μm 或 200 μm , 数值孔径为 0.22。也可根据客户需求, 将两种不同波长的激光芯片封装在一个模块内, 实现独立控制的双波长输出。

FCMSE56 采用平行封焊形式, 保证了产品良好的气密性。此款产品有 8 个管脚, 可内置功率探测 PD、红光指示、测温热敏电阻, 也可根据客户需求内置 1064 nm 反射光隔离器。该产品选用的材料符合 RoHs 标准。



FCMSE56 非常适合用于激光医疗以及光纤激光器泵浦应用, 此外也可用于夜视、科研等领域。

西安炬光科技有限公司, www.focuslight.com.cn





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
Castech Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	IBC
Nufern		www.nufern.com	1
Photonix 2013		www.photonix-expo.jp/zh-cn/	IFC
RAYLASE Laser Technology (Shenzhen) Co., Ltd.	瑞镭激光技术(深圳)有限公司	www.raylase.com	3
Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.	深圳市瑞丰恒科技发展有限公司	www.rfhlasertech.com	2

LIGHTWAVE[®] CHINA
光波通信

最新推出电子书(eMagazine)

www.lwc.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 (雅时国际商务)
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
Conard Holton
cholton@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)
Associate Publisher & Sales Director-China
(副社长及中国区销售总监)
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 6418 7252

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

Asia (亚洲)

Japan (日本)
Masaki Mori
mori-masaki@ics.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,
Katrina Frazer
katrinaf@pennwell.com
Tel: 1-603-891-9231

Southeast, Midwest,
Mid-Atlantic and
Eastern Canada
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

Europe & Middle East
(欧洲及中东)

Europe
Holger Gerisch
holgerg@pennwell.com
Tel: 49-8856-8020228

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



CASTECH®
福晶科技

欢迎光临我司展位:

SPIE

PHOTONICS WEST 2013

展位号: #223

参展时间: 2013年2月5-7日

福建福晶科技股份有限公司(简称“福晶科技”),主要从事非线性光学晶体、激光晶体和精密光学元器件的研发、生产和销售,其产品广泛应用于激光、光通讯、半导体、生命科学、医疗设备和检测探测仪器等各工业领域。公司于2008年3月19日在深交所上市(股票代码002222)。

公司目前拥有900多名员工,超过4万平方米的新生产厂房。创立至今三十余年,公司逐步发展了熔盐法、提拉法、水溶液法等多种晶体生长技术;建立了包括德国LOH数控研磨机、韩国光进上下摆机、日本Speedfam双抛机、环抛机等在内的全套高精度光学元件生产线;开发了IBS、IAD、Ebeam等多种镀膜工艺以适应不同应用需求。此外,公司的检测技术与设备也处于业界领先地位,拥有Zygo、Nikon、Trioptics、Hinds等各类先进检测仪器。公司产品深受国际业界推崇,是全球众多顶级厂商的首选供应商。

公司新大楼



产品系列

一、晶体

1. 非线性光学晶体
2. 激光晶体
3. 绿光、蓝光晶体组件
4. 闪烁晶体
5. 声光和电光晶体
6. 双折射晶体
7. 磁光晶体

二、精密光学元件

1. 球面和柱面透镜
2. 反射镜、棱镜、窗片
3. 波片、偏振元件
4. IBS, IAD高损伤阈值镀膜

三、光通讯器件

1. 标准具
2. 光隔离器
3. 光准直器
4. 电光Q开关
5. 温控炉(仪)



地址: 中国福建省福州市软件大道89号F区9号楼 邮编: 350003
电话: +86-591-83710533 (总机) 83771604 83512926 (中国区)
传真: +86-591-83711593 Http://www.castech.com
E-mail: sales@castech.com



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

激光世界
LaserFocusWorld China

讨论区
BBS

广告索引
Ad Index

目录
Content
P.19-31 P.33-37

推荐朋友
Refer a friend

免费赠阅
Subscribe

ACT

光学和光电子产业的主导刊物

激光世界

LaserFocusWorld[®] China

www.laserfocusworld.com.cn

2013年1月 第1期

ISSN: 1617-6917

激光器市场回顾与展望

