



光 学 和 光 电 子 产 业 的 主 导 刊 物

激光世界

LaserFocusWorld® China

www.laserfocusworld.com.cn

2012年7月 第4期

ISSN: 1817-6917

超高强度激光器：
超高强度激光器
有望输出500TW、
15J的30fs脉冲 13

应用天地

超快激光器提升CIS薄膜太阳能电池的效率 25

丰富高效的激光穿孔解决方案 27

激光熔覆加工系统及其应用案例 30



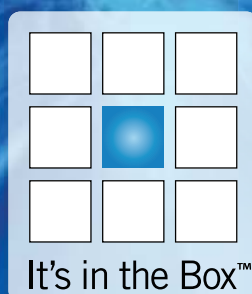


真正一体化激光器

Explorer® XP
一体化绿光激光器
掌中型加工利器



Mosaic™
一体型绿光激光器
高性能、高可靠性、低成本



It's in the Box™

Spectra-Physics 公司充分理解客户对工业激光器的期待, 推出 Mosaic™ 532-11 以及 Explorer® XP 532-5 两款符合 "It's in the Box™" 理念的全固态绿光激光器产品。

什么是 "It's in the Box™" -- 不再有连接线! 不再有电源箱! 激光头、电控箱、软件, 控制系统一切尽在一个“盒子”里。

一体化激光器将为您带来的优点有:

- 装配更容易
激光器即插即用, 一切就这么简单
- 设备设计更容易
无独立的电源箱, 防震设计, 激光器固定、移动加工均可
- 极其小巧的体积
大幅度减小设备尺寸
- 超常坚固、卓越的可靠性
24/7 运行, 低成本

更多工业激光器产品的信息, 请致电 +86-10-62670065 或电邮 sales.cn@newport.com

 **Spectra-Physics**
A Newport Corporation Brand

©2012 Newport Corporation



精于节能 尽心环保

应对时代的变迁,满足更高的要求
体现三菱正真的价值!



Partner for advancing manufacturers
MITSUBISHI

<http://www.meach.cn>

二氧化碳二维激光加工机

三菱电机集合尖端的加工技术,秉承一贯的“节能减排”的设计理念,为满足客户对激光加工机高速高稳定性的要求,真正体现三菱的价值。三菱电机隆重推出了搭载4.5KW发振器的最新型激光加工机ex系列。



高稳定,高性能,高安全型激光加工机,生产效率最大提高1.4倍。



操作简单,初学者也能轻松胜任,两步骤即可实现简单操作。



最大限度的降低运行成本,注重环保与生态。待机状态最多削减90%的运行成本。



CIMES 2012 (第十一届中国国际机床工具展览会)
2012年6月12-16日 展位号: W2-B201

三菱电机自动化(中国)有限公司
MITSUBISHI ELECTRIC AUTOMATION (CHINA) LTD.

地址: 上海市虹桥路1386号三菱电机自动化中心, 200336
电话: (021)2322 3030 传真: (021)2322 3000

400-821-3030

可编程控制器 人机界面 变频器 变频器 机器人 配电控制产品 数控装置 激光加工机 激光加工机 工业缝纫机

三菱电机
MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better



目录

光子学前沿

10 光束合束

光束合束实现更高输出功率

技术中心

13 超高强度激光器：超高强度激光器有望输出 500TW、15J 的 30fs 脉冲

14 光纤放大器：少模光纤放大器助力空分复用

15 光纤激光器：光纤激光器最新发展动向及应用

19 超快激光器：显微镜成像领域的超快激光器：更长激发波长与波长独立调谐能力

产品特写

21 扫描振镜：Superscan-II 全新高精度扫描振镜

23 光谱分析仪：OSA203 傅里叶变换光谱分析仪

应用天地

25 微电子加工：超快激光器提升 CIS 薄膜太阳能电池的效率

27 激光穿孔：丰富高效的激光穿孔解决方案

30 激光熔覆：激光熔覆加工及其应用案例

业界访谈

33 激光美容市场蕴育潜力 科医人引领潮流

——科医人官方微博上线发布暨激光美容新技术、新进展交流会后记

36 通快携手伏能士成立激光复合焊接实验室

7 新闻简讯

37 新品展示

40 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。

如今您有了
新的选择。



试试我们 **最新**
的笼式系统

适用于原型制作和科学研究
采用模组结构, 灵活性强
根据不同光路可提供多种配件



马上搭建吧!

联系我们的技术支持团队
开始搭建

www.edmundoptics.com/cage-system

自主研发 | 自主生产 | 值得信赖

EO Edmund
optics | china

Tel: 86 (0755) 2967 5435 | Fax: 86 (0755) 2967 5436

chinasales@edmundoptics.cn





BWT BEIJING
北京凯普林



中国的光纤耦合专家

产品应用:

本公司产品广泛用于医疗、工业加工、监控显示、科研等多个领域，并且参与了北京奥运会大屏幕激光显示、高功率光纤激光器光源供应、计算机直接制版印刷等多个国内重大项目的研发。

服务范围:

本公司主要提供的产品有半导体激光器组件、半导体激光器电源、半导体激光器系统、固体激光器、光学耦合器等，波长由405nm至1550nm；1mw-50W出光功率，多样的封装形式，灵活的应用解决方案和全面、专业的技术服务，满足用户个性化需求。



欢迎莅临 2012 年 9 月 6 日 -9 日 CIOE2012 (深圳会展中心) 展位号: 1E02

北京凯普林光电科技有限公司

地址: 北京市丰台区科技园航丰路甲4号6层 邮编: 100070
电话: 010-83681053 传真: 010-83682949
邮箱: sales@bwt-bj.com 网址: http://www.bwt-bj.com



ISO9001:2008 certified





为您的光学系统 提供 成功解决方案



The Right Filter.
Right Now

Semrock A Unit of IDEX

与滤光片一同带给您
我们丰富的专业经验

请联系我们的本地支持

DynaSense

www.semrock.com

+1 585-594-7050

生命科学、激光及光学系统的滤光片标准

CONTENTS

激光世界
LaserFocusWorld China
Jul 2012 Issue 4
www.laserfocusworld.com.cn

Photonic Frontiers

10 Beam Combining: Beam combining cranks up the power

Technologies Center

13 Ultrahigh-Intensity Lasers: OSU's SCARLET laser aims for 500 TW/15 J/30 fs pulses

14 Optical Fiber Amplifiers: Few-mode fiber amplifiers assist spatial-division multiplexing

15 Fiber Lasers: The state of the art

19 Ultrafast Lasers: Ultrafast lasers in microscope imaging: the longer excitation wavelength and the independent wavelength tuning ability

Featured Product

21 Scanning Galvanometer: Superscan-II new high-precision scanning galvanometer

23 Spectrum analyzer: OSA203 Fourier transform spectrum analyzer

Applications

25 Microelectronics Processing: Ultrafast lasers improve efficiency of CIS thin-film solar cells

27 Laser Drilling: Different kinds of efficient laser drilling solutions

30 Laser Cladding: Laser cladding processing system and its applications

Industry Interview

33 Laser beauty market shows growth potential and Lumenis leading the edge

36 Trumpf cooperated with Fronius to set up laser hybrid welding lab

7 News Breaks

37 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.





低噪声前置放大器

电压前置放大器

- 1 MHz 频率带宽
- 4 nV/√Hz 输入噪声
- 100 MΩ 输入阻抗
- 1 至 50,000 可变增益
- RS-232 接口
- 2635 美元 (全球通价格)



SR560
低噪声
前置电压放大器

在低温或光学测量等噪声至关重要的应用中，SR560是你理想的选择。SR560提供一个真正的差分（或单端）输入，配置高/低通滤波器，以及可供给至15小时无电力线操作的可再充电电池。除非仪器设置变更，SR560的微处理器均处于“睡眠”状态。因此，没有任何数字噪声会污染你的低水平模拟信号。

电流前置放大器

- 1 MHz 频率带宽
- 5 fA/√Hz 输入噪声
- 1 pA/V 最大增益
- 可变直流偏置电压
- 电力线或电池供电操作
- 2635 美元 (全球通价格)



SR570
低噪声
前置电流放大器

为低噪声信号恢复实验而设计的SR570前置电流放大器是当今业界的标准。它提供至1pA/V的增益，可配置的高和低通滤波，以及输入偏置电流控制。SR570可以电力线或内置的电池供电操作，亦可通过RS-232编程使用。高带频，低噪声，及低漂移增益状态可让你优化此仪器以适应不同的运用。



Stanford Research Systems

1290-D Reamwood Ave. Sunnyvale, CA 94089 • www.thinkSRS.com
Phone (408) 744-9040 • Fax (408) 744-9049 • info@thinkSRS.com

先锋科技股份有限公司
电话: 86-10-6263-4840
传真: 86-10-8261-8238

Email: sales@teo.com.cn

欧陆科技有限公司
电话: 86-10-6800-8213/16/17
传真: 86-10-6800-8212

Email: euro-tech.bj@euro-tech.com

北京东方科泰科技发展有限公司
电话: 86-10-6497-1708
传真: 86-10-6497-1710

Email: sales@bost-ltd.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
社长及副總裁 麦协和 **Mark Mak**
电邮 markm@actintl.com.hk
中国区总经理 徐旭升 **Michael Tsui**
电邮 michaeltsui@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 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 **Conard 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**

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
© 2012 版权所有 翻印必究

编者的话 Editor's Notes

材料加工从激光技术中受益更多

激光技术在日常生产生活中的应用越来越广，特别是在工业领域，基于激光技术的材料加工，正在以超越传统技术的诸多优势在汽车制造、航空航天、建筑、能源以及生命科学等众多行业中发挥着重要作用。

本期内容中，有多篇文章涉及对激光材料加工的探讨。

在不断增长的太阳能光伏产业中，薄膜太阳能电池的市场份额持续增加，而进一步提高太阳能电池的效率一直是业界追求的目标。慕尼黑应用科技大学激光中心的研究人员，成功地利用皮秒激光加工取代了纳秒激光烧蚀和机械刻划图样加工，进一步提高了铜铟硒 (CIS) 薄膜太阳能电池模块的效率。目前利用皮秒激光加工 CIS 模块，已经获得了高达 15.8% 的效率。

在很多应用中，功率是一项非常重要的指标。在过去的几年中，光束合束技术已经使光纤激光器和半导体激光器的输出功率成倍增长，达到了数千瓦量级。波长合束技术使半导体激光器获得了更高的功率和更高的亮度，使它们能够满足工业切割与焊接应用的需求；光纤激光器通过非相干合束技术获得了更高的亮度，美国海军正在将其用于高能激光武器系统中。

光纤激光器一直是近几年业界关注的一大焦点，而工业领域又是光纤激光器施展身手的最大市场。在《光纤激光器最新发展动向及应用》一文中，读者将了解到各种光纤激光器的

发展情况以及它们为材料加工应用所带来的优势。

在高能激光器研究方面，美国俄亥俄州立大学高能密度物理组 (HEDP) 研制的 SCARLET 激光装置已于 2012 年 6 月 13 日开始运行，它是世界上能量最高的激光器之一，其中心波长为 815nm，设计输出 500TW 的峰值功率，聚焦峰值光强达 10^{21}W/cm^2 ，脉宽 30fs，脉冲能量达 15J，聚焦后的光斑尺寸为 $5 \mu\text{m}$ (半高全宽值)，重复频率为每分钟一发。SCARLET 将有助于研究人员更加精确地模拟高能密度系统，从而更深一步理解激光与物质之间的相互作用。

非线性或多光子成像是超快激光器的重要应用之一。激光器制造商正在从操作的简便性、调谐范围和系统灵活性这几个方面不断改进超快激光器产品，进一步支撑该领域的发展。相干公司具有更长激发波长与波长独立调谐能力的超快激光器，进一步实现了在活体组织中更深处的成像，并支持多模式成像。

除了上述内容外，本期读者还将了解到：三菱电机针对不同板材厚度、不同加工要求以及不同效率要求提供的各种高效的激光穿孔解决方案、JK Lasers 公司的激光熔覆解决方案在工件修复中的应用案例，以及激光技术在医疗美容领域的发展状况。□

本刊编辑部





Newport隆重推出夏季降价促销活动

自即日起至9月底,美国理波公司(Newport Corporation)针对精密光学机械元件、运动控制、光电测量仪器、光学平台、电光调制器、光电探测器、光学元件、New Focus及Oriel等上千种高质量光学产品,为中国地区的客户提供5%~20%不等的折扣优惠,欢迎致电理波公司中国代理商科艺仪器(电话400-886-0017)或电邮(sales.cn@newport.com)咨询订购。

相干用于眼科治疗的激光器销售突破10,000台

相干公司已经向眼科治疗应用领域输送了10,000台激光器。这些激光器包括用于LASIK视力矫正的脉冲准分子紫外激光器和用于光凝法治疗湿性老年性黄斑变性的绿光或黄光连续固态激光器。这一骄人的销售业绩证明了相干公司在业内的领导地位以及其对于这两个重要医学激光治疗领域的承诺。此外,公司针对激光诊断应用等其他眼科领域的销售业绩也呈现持续增长之势。

相干公司市场营销总监Matthias Schulze解释道:“这些骄人的销售数字证明我们成功地实施了我们的战略,即将技术创新、优越性能和与医疗市场关键客户建立牢固的共生伙伴关系相结合。它实现了我们产品的高性能、可靠性与目标应用独特需求之间的绝佳匹配。”

陕西省高功率半导体激光器产业园项目奠基

由西安炬光科技有限公司承担建设的“陕西省高功率半导体激光器产业园项目”,近日在西安高新区举行奠基仪式。该产业园规划用地30亩,新建厂房、超净实验室、工程中心办公楼23000平方米,项目建成后,将形成30万支激光器的生产能力。未来产业园将形成一个从激光基础材料生产、核心部件、激光系统集成等完整的激光产业链。

西安炬光科技有限公司董事长、总经理刘兴胜博士表示,炬光科技将以产业园建设为突破口,随着生产线的逐一落实,公司应用于医疗、加工、科研、显示等相关领域的半导体激光器产品种类将极大丰富,将进一步促进公司产品和产业的升级。

海洋光学30万美元创新基金呼唤中国申请者

海洋光学“Blue Ocean”科研奖金挑战计划(www.blueoceangrants.com)旨在为光学传感领域的新应用提供

资助,寻找能够解决问题并改善生活质量的创新光学传感技术。现在该计划2012年第一轮申请已经开放,即日起至2012年9月1日止,欢迎全球各界人士踊跃申请。中国的申请者可以联系海洋光学位于上海的亚太区总部,使用中文资料申请。

除了现金奖励,申请者还将获得与海洋光学团队共同研发的机会,以及公司技术和市场团队的全方位支持(包括光谱仪的定制、向合作伙伴及供应商的推荐等)。海洋光学将全力协助申请者将梦想变成现实。中国申请者可以通过直接与海洋光学(Ocean Optics)亚洲分公司联系进入中文绿色通道。发送邮件至asiamkt@oceanoptics.com索要申请表格,或拨打海洋光学电话400 623 2690即可参与。

武汉锐科发明专利获武汉市发明专利铜奖

武汉市知识产权局授予武汉锐科公司发明专利“用于大功率脉冲光纤激光器的声光调制器”(专利号ZL200810047688.3)为2012年武汉市发明专利铜奖。

由武汉锐科闫大鹏团队发明的、专利权人为武汉锐科公司的“用于大功率脉冲光纤激光器的声光调制器”,有效提高了激光系统的机械稳定性,能有效抑制掺杂光纤内的非线性效应,并通过在不同元件上镀膜的方法来实现大功率、窄谱线的脉冲激光输出,能方便地实现光纤激光器的全光纤化。

东莞北大共建光电研究院打造一流研发平台

东莞市政府与北京大学在北京签订共建“北京大学东莞光电研究院”协议书,该研究院是北大与地方政府合作组建的唯一创新平台。希望双方整合资源,把光电研究院打造成为一个品牌。

研究院建设初期,北大将以技术成果、专利和技术团队等无形资产投入研究院建设,东莞市则以财政专项资金首期投入2亿元。双方将以光电产业为背景开展应用型技术的研究与开发,推动东莞光电产业乃至相关产业的高级化发展。

研究院将围绕光电产业上中下游的技术,在松山湖高新区设立半导体照明技术研发平台、激光显示器件技术研发平台等5个技术研发平台,选择国际前沿科技成果和关键技术课题,提前做好产业布局研究,为日后产业发展打下技术基础。





新闻简讯 News Breaks

首台国产1kW工业级光纤激光器诞生

西安中科梅曼激光科技有限公司成功推出国内首台拥有自主知识产权的1kW工业级光纤激光器，并初步形成了激光加工系统的集成能力。这不仅将满足我国工业加工领域对高功率光纤激光器的市场需求，同时也将打破国外高功率光纤激光器的市场垄断局面。

该光纤激光器具有输出激光光斑小、亮度高、接近衍射极限的光束质量等优势，可广泛应用于切割、打孔、焊接、淬火、熔覆以及科学研究等领域。

索尼携手住友电工开发出绿光半导体激光器

索尼携手住友电工开发出一款新型氮化镓绿色半导体激光器，可提供传统产品两倍的功率，输出波长530nm，输出功率超过100mW。该产品可用于激光投影机等显示设备中，以产生更加艳丽的视频和图像。

该产品开发中，住友电工提供了半极性GaN基板、晶体生长、晶圆加工技术，索尼公司则提供了关键的氮化镓基激光技术。此外，该产品还对半导体激光器的构造、电极及结晶生长等制造工艺进行了全面改进。

华工激光造出全球首条激光切管生产线

武汉华工激光开发的全球首条全自动化数控激光切管生产线，在三一重工益阳产业园投入使用。该设备首次将多维度切割技术用于管材切割，这将为钢管加工带来一场革命。

该生产线只需1人操控，就能完成过去锯床加工过程中需要11个人完成的任务，操作者只需要输入每天的生产计划等信息，软件将自动控制每根管材的余料长度，生成加工程序，生产量比过去提高了两倍。

华科光电学院“碟片固体激光器”获日内瓦

华中科技大学光电学院朱晓教授团队的“碟片固体激光器”发明专利，在第40届日内瓦国际发明展览会上获得银奖。据悉，本次展览会共有来自46个国家近800家单位共1000项技术发明参加展览，创下该展会历史记录。本次展会华科光电学院共组织7项发明专利并首次派出专利发明人组团参展，取得了两金、四银、一铜的优异成绩。

日内瓦国际发明展览会是目前世界上规模最大、连续举办历史最长的发明博览会之一。

温州全力打造“激光谷”改变产业形象

2011年6月，科技部决定在温州建设国家级激光产业集群。目前，温州正在结合科技创新和产业转型升级，全力推进中国（温州）激光与光电产业集群建设，全力打造“激光谷”，致力于改变一提温州就是皮鞋、打火机的传统产业形象。

建设温州“激光谷”，要从激光技术应用入手，把激光产业的应用市场充分开发衍生出来，带动相关产业的转型升级、提升整个产业，在一定程度上重塑温州创新发展新模式。

武汉激光产业园建设会议召开

武汉激光产业园建设会议召开。武汉中国光谷激光行业协会会长朱晓介绍了武汉东湖高新区激光产业发展情况以及国内外激光研究与产业发展现状。武汉高科集团产业发展部部长殷卫平从项目背景、功能定位、空间布局、服务体系、实施计划、保障措施几个方面介绍了《光谷激光产业园总体方案》，各企业负责人结合东湖高新区激光产业发展以及企业需求对激光产业园建设方案提出了意见和建议。

华工激光牵头制定《数控激光切割机床安全防护标准》

由华工激光牵头的湖北省地方标准《数控激光切割机床安全防护标准》审定会在武汉华工激光工程有限责任公司召开。与会专家认为法利莱公司编制的《数控激光切割机床安全防护标准》，符合国家相关法规规范和行业产业发展政策，对于数控激光切割机床的研发、制造和使用具有重要意义。

高功率激光切割机除存在机械危险、电器危险、热危险外，还存在激光辐射危险。数控激光切割机的安全防护工作尤为重要。

激光熔覆修复技术在神东成功应用

近日，激光熔覆自主修复技术在神东煤炭集团设备维修中心首次应用成功，这将为该公司节约大量外委资金。应用该技术修复完成的电机轴、链轮轴和泵站输入输出轴，经检测均达到各项修复指标。

作为一种先进的表面修复技术，激光熔覆不但保证了临近焊接处母体材料温度不升高，而且还克服了传统焊接修复工艺因为焊接部位周边产生热变形、增加后续工序、甚至导致工件无法修复的难题。





II-VI TRADING (SUZHOU) CO., LTD.

CO₂ 激光镜片

中国唯一授权
销售子公司

贰陆进出口（苏州）有限公司

(86) 512 6761 9295 (phone) • (86) 512 6767 1207 (fax) • infoSZ@ii-vi.com.cn • www.ii-vi.com.cn

II-VI





光束合束

光束合束实现更高输出功率

在过去的几年中，相干合束与波长合束使得光纤激光器和半导体激光器的输出功率成倍增长，达到了数千瓦量级。

Jeff Hecht

光纤激光器和半导体激光器均能在小巧紧凑的结构中实现较高的功率，但是非线性损耗、热效应和光学损伤限制了单个激光器的输出。将多个激光器的输出组合起来可以克服这些限制。

最简单的方法是非相干合束，即沿同一个方向引导多束激光束，从而增加总功率，但不能增加光束的亮度。也有一些较为成熟的技术用来提高亮度。其中一种方法是相干合束，使得各光束的振幅同相位叠加；另一种方法是对不同波长的光束进行合束，就像在波分复用中一样，这样能够避免相位匹配的复杂性，但是会产生更宽带宽的激光发射。在过去的几年中，利用这两种方法都使功率获得了大幅提升。^[1]然而到目前为止，非相干光束组合仍然保持着最高的功率记录，并且正在用于开发激光武器。

获得高功率的非相干合束

半导体激光器阵列是非相干合束最为成熟的范例，其将来自多个激光器条的光束组合成谱线较宽的高功率光束。虽然该光束的方向性相对较差，但是对于激光器泵浦和热处理等不需要高方向性的应用来说，其还是很有价值的。

相比之下，来自光纤激光器的高质量光束的非相干合束，能够产

生方向性好得多的光束，目前人们正在认真考虑将其用于激光武器。美国海军研究实验室的研究员曾表示：“当考虑湍流大气中的实际定向能传播情形时，光源的光束亮度的重要性是有限的。”^[2]光纤激光器阵列正向这一目标迈进。美国海军组装了由6个5.5kW工业光纤激光器组成的阵列，实现了33kW的激光武器系统（LaWS），该系统曾于2010年在水面上1海里远的地方击中过目标靶。受到这些测试的鼓励，美国海军正在将LaWS的功率提升到100kW量级，该目标计划于2014年完成。^[3]

二极管相干合束

相干合束类似于相控阵雷达——阵列中的发射器同相位发射，产生相干输出。原则上，同相操作发射器，

并对这些光束适当合束，便能产生可控制的光束，但迄今为止，人们依然主要致力于输出合束。

20世纪90年代出现了多达900个激光器条的二极管相干合束，但是单模输出以及高度锁相的要求将其输出功率限制在了5.5W。新技术的涌现、再加之使用主振荡器源驱动多个并行放大器，已经使上述限制得以克服。去年，麻省理工学院林肯实验室从由218个独立可寻址的板条式耦合光波导（半导体）放大器（SCOWA）组成的阵列中，获得了38.5W的连续波输出。^[4]

首先，一个衍射光学元件将种子激光束分成21路输出，并传输到具有大的圆形模式特征分布、间距200 μm的并行放大器上，如图1所示。光束经放大器阵列双程放大，产生21路并行光束，对它们进行监测产生锁

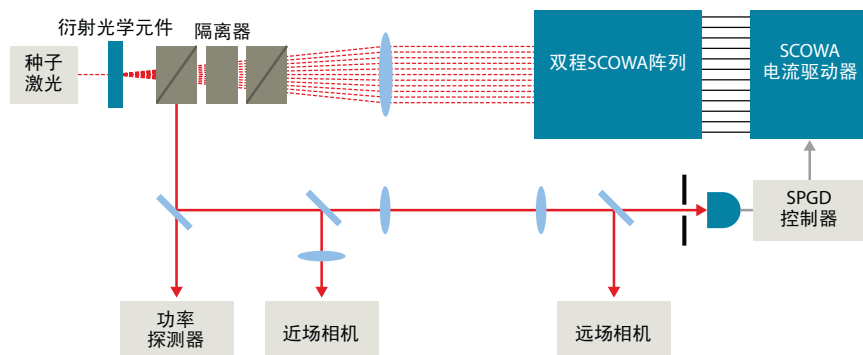


图1：麻省理工学院林肯实验室的相干合束系统。在第一级中，种子激光的输出通过SCOWA阵列的21个通道被分束和放大，部分输出采样到相位控制器，相位控制器采用随机并行梯度下降（SPGD）算法，并反馈给SCOWA阵列。每路输出随后被分入11个并行的SCOWA阵列中（图中没有给出），以进一步放大输出，然后进行相干合束。



Photonic Frontiers 光子学前沿

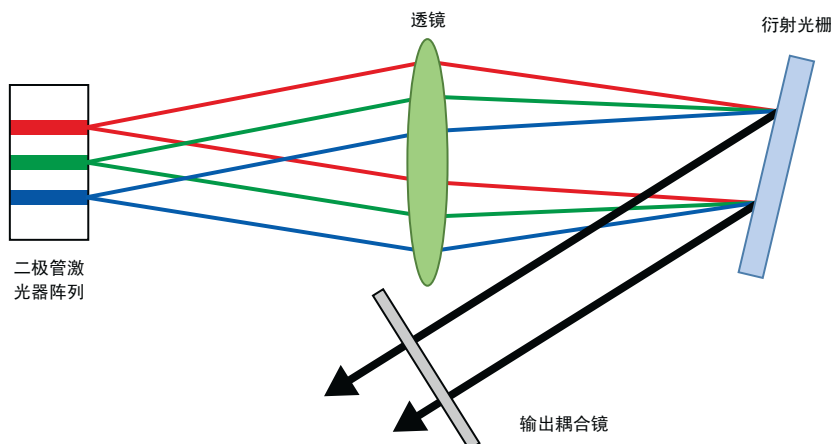


图2: 在外腔中对线性二极管阵列实现波长合束。所有的条形二极管具有相同的增益带宽, 但外腔选择不同的振荡波长, 图中用红色、绿色和蓝色线表示, 然后将它们组合成单一的输出。

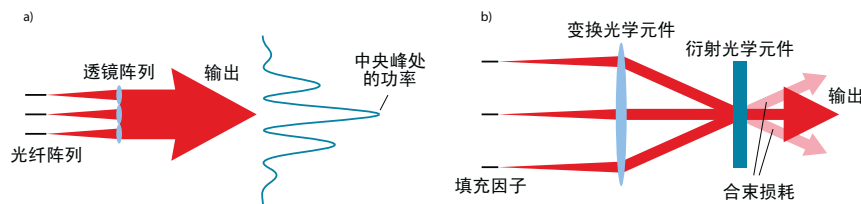


图3: a) 在拼接孔径相干合束中, 光束单独聚焦以覆盖目标孔径, 具有中央峰和旁瓣。b) 在填充孔径相干合束中, 单一的变换光学元件将它们聚焦到衍射光学元件上, 衍射光学元件将每路输入光束重定向到输出光束中, 一些残余光作为损耗逃逸掉。

相信号。第二个衍射光学元件与第一个衍射光学元件正交放置, 将 21 路并行光束中的每路光束分为 11 个部分, 每个部分在 11 个并行的 SCOWA 阵列中双程放大。在第二级 SCOWA 阵列中的 231 路条状输出中, 有 218 路产生锁相输出, 余下的 13 路条状输出不工作。大量元件的相位控制是成功的关键。研究人员表示: “我们正在努力增加可控元件的数量。”

二极管波长合束

波长合束 (WBC) 可以使半导体激光器获得更高的功率及亮度水平。TeraDiode 公司在 2012 年 Photonics West 大会上报道了 2kW 的输出功率,^[5] 现场演示表明, 直接二极管能够产生与最好的光纤激光器相当的亮度, 这使得它们也能适用于工业应用。此外, 二极管激光器还具有非常高的电光转换效率, 最近已经有高达 46% 的报道。

二极管波长合束的方法基于图 2 所示的外腔设计, 其将二极管阵列置于包含变换透镜、衍射光栅和输出耦合器的外腔中。通过准直外腔光学元件, 可对每个条状激光器选择不同的振荡波长, 这些波长在中心波长为 970nm 的二极管的 40nm 增益带内以小间隔分布。通过角度选择和稳定波长, 组合输出光束约有 30nm 的带宽, 可以耦合到自由空间或传输光纤中。

TeraDiode 公司正在商品化其 WBC 技术, 并计划于 2012 年底提供试用产品。其设计基于可提供约 500W 连续波的多波长模块, 并可以堆叠在一起产生约 6kW 的功率。“在最近由 DARPA 支持的演示中, 我们展示了

UW 联赢激光
UNITED WINNERS

世界一流的激光焊接设备制造商
World-class laser welding
system manufacturer

全球首款产业化

加工点实时能量
负反馈激光焊接机



●加工点能量检测单元 ●加工点出射单元实体

加工点实时能量负反馈
输出能量更精准更稳定

改造已有激光设备
升级更快捷更省心

www.uwlaser.com

免费热线: 400 885 4168

销售专线: 0755-27382509 26544069

United Winners Laser Co., Ltd.
深圳市联赢激光股份有限公司
总部: 深圳市南山区西丽镇红花岭工业
区南区2区1栋7楼 518055
总机: 0755-86001062 26544079
传真: 0755-86000416



360W 的功率输出, 光束参数乘积 (BPP) 为 0.6, 其可与单模光纤激光器技术相媲美。我们的产品将提供更灵活的 BPP, 范围从 2 到 8, 以满足切割与焊接市场的需求。”Tayebati 公司表示。该产品的亮度将与工业光纤激光器和 CO₂ 激光器的亮度相当, 是标准高功率激光二极管亮度的 10~100 倍。

光纤激光合束

衍射极限的光纤激光器可以实现数千瓦的功率, 但是功率的进一步提升却受限于热限制和非线性效应, 如受激布里渊散射。光束合束为实现更高功率提供了一种简单快捷的方法。通过在大芯径多模光纤中混合光纤激光器的输出, 可以实现光束的非相干合束, 能产生高达 50kW 的连续输出。相比于非相干合束, 相干合束或波长合束能实现更高的亮度和更好的光束质量, 以满足更多应用的需求。

由麻省理工学院林肯实验室和诺斯罗普·格鲁曼航天系统公司 (Northrop Grumman Aerospace Systems) 组成的研究小组, 对商用 500W 掺镱光纤激光器的相干合束与波长合束进行了比较。^[6] 他们发现相干合束更难实现, 因为这需要精密的相位控制、紧密的光程-长度匹配、较窄的激光线宽以及均匀的偏振; 但是相干合束能够提供高光谱亮度, 并允许进行相位调整, 以实现光束控制或大气补偿。波长光束控制易于实现, 但是产生的光谱较宽, 因此这种方法适用于对光谱亮度要求不高的应用。

通过将锁相激光器 (或放大器) 阵列的输出拼接到孔径中, 或排布变换光学元件和衍射光学元件将光纤发射器阵列的输出填充到孔径中, 可以实现光纤激光器输出的相干合束, 如图 3 所示。林肯-诺斯罗普小组发现, 对于 4kW 的输入, 拼接可将总功率的 58% 集中在所需的中央圆形区域中。利用相同的光纤激光器阵列、反馈激光器、以及具有孔径填充方式和五元衍射光学元件的相位控制系统, 当所使用的五路光束的功率最大时, 合束效率为 79%。

他们还利用相干合束测试中所使用的 6 个相同的光纤激光器测试了波长合束, 但是种子激光器的波长不同, 其中 5 个激光器的间隔为 0.4nm, 第 6 个激光器偏移 0.8nm。光学配置与图 2 中二极管的波长合束类似。利用这种配置, 研究人员报道了 2.51kW 的输出和 92% 的合束效率。所有三个实验都获得了接近衍射极限的输出。

展望

研究人员正致力于各式各样的合束研究。佛罗里达大学采用体布拉格光栅对两路光纤激光器输出进行相干合束, 获得了 282W 的功率, 效率高达 99%! 法国航空航天实验室 (The French Aerospace Laboratory) 去年对一对光纤激光器输出的 100ns 脉冲进行相干合束, 效率为 95%, 由于非线性效应可以超过锁相控制器的带宽, 使得这项工作颇具挑战。^[7] 一对啁啾脉冲光纤放大器的相干合束以 89% 的效率产生了 3mJ 的脉冲。^[8]

光束合束研究正在快速进展。相干合束、波长合束和非相干合束这三种主要的合束方法都具有自身发展前景, 每种方法都可能找到其独特的应用。相干合束具有最佳性能, 但其也最为复杂; 对许多应用来说, 波长合束更易于实现; 当然, 非相干合束是否能满足高能激光武器的应用需求, 也将是一个值得关注的话题。□

参考文献

1. J. Hecht, "Photonic Frontiers: beam combining - Combining beams can boost total power," Laser Focus World, 44, 7 (July 2008).
2. P. Sprangle et al., "High-Power Fiber Lasers for Directed-Energy Applications," 2008 NRL Review, pp. 88-99; www.nrl.navy.mil/content_images/08FA3.pdf.
3. R. O'Rourke, "Navy Shipboard Lasers for Surface, Air, and Missile Defense: Background and Issues for Congress," Congressional Research Service (Jan. 21, 2011); www.fas.org/sgp/crs/weapons/R41526.pdf.
4. S.M. Redmond, "Active coherent beam combining of diode lasers," Opt. Lett., 36, 909-911 (Mar. 15, 2011).
5. R.K. Huang et al., "Direct diode lasers with comparable beam quality to fiber, CO₂, and solid state lasers," Proc. SPIE, 8241, 824102 (2012).
6. S.J. Augst et al., "Coherent and Spectral Beam Combining of Fiber Lasers," Proc. SPIE, 8237, 823704 (2012).
7. L. Lombard et al., "Demonstration of coherent beam combination of fiber amplifiers in 100ns-pulse regime," CLEO, paper CFE2 (2011).
8. A. Klenke et al., "Coherently combined CPA fiber laser system delivering 3 mJ femtosecond pulses," Proc. SPIE, 8237, 823708 (2012).





超高强度激光器

超高强度激光器有望输出 500TW、15J 的 30fs 脉冲

据美国俄亥俄州立大学高能密度物理组 (HEDP) 激光及工程靶先进研究科学中心 (SCARLET) 激光装置拍瓦开发小组的高级研究员兼项目领导 Enam Chowdhury 介绍：“SCARLET 激光器于 2012 年 6 月 13 日开始运行，它是世界上能量最高的激光器之一，也是美国市场上峰值功率最高的亚百飞秒激光器。” Chowdhury 表示，中心波长为 815nm 的 SCARLET 激光器，设计输出 500TW 的峰值功率，聚焦峰值光强达 $10^{21}\text{W}/\text{cm}^2$ ，脉宽 30fs，脉冲能量达 15J，聚焦后的光斑尺寸为 $5\mu\text{m}$ （半高全宽值），重复频率为每分钟一发。研究小组还计划于明年在该激光器中加入变形镜，进而使其输出的峰值强度提升到 $10^{22}\text{W}/\text{cm}^2$ 以上。

该激光器获得的参数已经足够引人注目，而其重复频率更是值得关注。Chowdhury 称：“现有超高强度激光系统通常受限于较低的重复频率。通常，大规模激光系统每天最多能发射若干发激光。”

HEDP 实验室项目领导 Richard Freeman 教授补充道：“SCARLET 的主要目的是用于每天需要几百发稳定激光的实验，这将使我们的 HEDP 小组更加精确地模拟高能密度系统，并且真正理解超强光与物质相互作用中的物理现象。”



图1：俄亥俄州立大学的SCARLET激光器峰值功率500TW、脉宽30fs，将用于研究光与物质之间的相互作用。

SCARLET激光参数

尽管 SCARLET 激光器的最大峰值功率设计为 500TW，但人们将它称为 0.5PW 或拍瓦级激光器。它有两种工作模式，包括波长调谐范围 $0.8\sim 4.0\mu\text{m}$ 的短脉冲千赫兹模式 ($0.1\sim 0.8\text{mJ}$, 1kHz, 25fs)，主要用于激光损伤研究。

将千赫兹级的激光输出通过额外的镜条光栅展宽器（将脉冲展宽至 800ps）、双啁啾脉冲放大 (DCPA) 装置以及各种脉冲质量改善装置（包括垂直偏振波产生系统）后，SCARLET 激光器的功率达到最大值。脉冲还通过大量钛蓝宝石多通放大器，最后一级放大器用两个波长 527nm、单脉冲能量 25J 的钕激光器泵浦。新型压缩机包括一对 36cm 长和 56cm 长的衍射光栅。整套激光系统在 1000 级超净间内运转，并配有入口空气吹淋室以及联网的温度湿度传感器。

随后，SCARLET 激光器的输出在真空状态下打入 1200 平方英尺的

靶室。在靶室中，激光首先在 10.5 英尺长、直径 6 英尺的圆柱形真空室内被压缩，然后在直径 3 英尺 7 英寸、高 3 英尺 6 英寸的 35 端口室内，入射到最终的 f/2 离轴聚焦抛物镜。

除了具备八大激光诊断装置外（包括发射焦斑诊断以及空间啁啾诊断），SCARLET 系统中还具有 X 射线二极管、预等离子体阴影仪、Schlieren 成像、伽玛射线以及中子谱仪、汤姆逊抛物面反射器离子分析仪、干涉仪、高定向热解石墨 X 射线光谱仪、X 射线真空相机和 K-alpha 弯曲晶体成像光谱仪诊断设备。所有这些设备通过 48 核六节点电脑组控制，每个节点包含 130Gbyte 内存，数据存储阵列采用 10Tbyte 独立磁盘冗余阵列 (RAID)。

预期实验

SCARLET 主要涉及的研究领域是超高强度、超短脉冲激光与固态靶之间的相互作用。SCARLET 研究小组的高级研究科学家 Kramer Akli 表示：“太阳光照射到地球表面的光强约为 $0.1\text{W}/\text{cm}^2$ ，SCARLET 的光强比该值高 22~23 个数量级，因此我们可以在实验室环境中研究类似恒星条件下的光与物质之间的相互作用。”

快点火核聚变是该研究的一个预期领域。美国的国家点火装置 (NIF) 需要 192 束激光（每束能量为 5kJ、

下转第36页





光纤放大器

少模光纤放大器助力空分复用

Gail Overton

为了提升单根光纤的传输能力，人们已经提出了密集波分复用 (DWDM) 的一种替代技术——空分复用 (SDM) 技术，该技术使用多芯光纤或少模光纤 (few-mode fiber, FMF)。

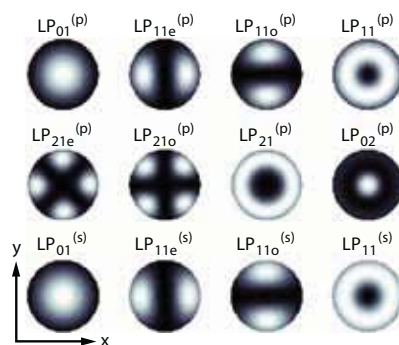
FMF 是一种纤芯面积足够大、足以利用几个独立的空间模式传输并行数据流的光纤。理想情况下，FMF 的容量与模式的数量成正比。然而，为了延长传输距离，需要使用少模光纤放大器。不同于那些用于自由空间光通信和高功率激光应用中的放大器，少模光纤放大器具有可控的与模式相关的增益，以确保所有的 SDM 信道均被优化。

目前，美国中佛罗里达大学美国光学与光子学院 (CREOL) 和 NEC 美国实验室的研究人员，已研究出一种在少模掺铒光纤放大器 (FM-EDFA) 中控制模式增益，以提高模分复用光通信网络可行性的方法。^[1]

控制模式相关增益

模式相关增益 (MDG) 是激活掺杂离子的浓度分布、泵浦光以及信号光的横向强度分布之间的交叠积分的函数。通过光纤设计来控制掺杂离子分布和信号强度分布，可以调谐模式增益。在掺杂光纤制作完成后，可以通过控制泵浦的模式内容来实现 MDG 的动态控制。

少模掺铒光纤放大器由 15 米长的少模掺铒光纤构成，其掺杂纤芯芯



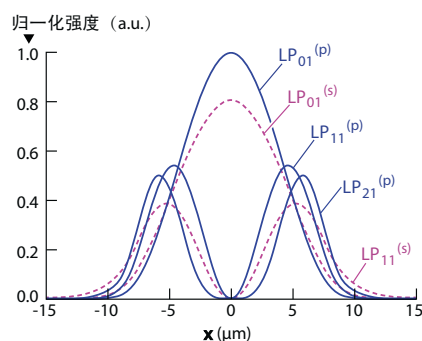
图：少模光纤放大器的泵浦光和信号光的模式强度分布（左图），以及它们沿 x 轴的归一化强度分布（右图）。

径为 $16\mu\text{m}$ ，支持 1550nm 附近信号波长的两种模式群— $\text{LP}_{01}^{(s)}$ 和 $\text{LP}_{11}^{(s)}$ ，以及 980nm 附近泵浦波长的四种模式群— $\text{LP}_{01}^{(p)}$ 、 $\text{LP}_{11}^{(p)}$ 、 $\text{LP}_{21}^{(p)}$ 和 $\text{LP}_{02}^{(p)}$ 。

在像 $\text{LP}_{11}^{(s)}$ 、 $\text{LP}_{11}^{(p)}$ 和 $\text{LP}_{21}^{(p)}$ 这样的模式群中，具有相同传播常数的简并模式的两种类型，可以通过它们角度依赖性的奇偶性，定义为偶数模式和奇数模式（如图）。

为了展示利用放大器装置进行 MDG 控制，采用空间滤波器（模式转换器）和光学可变衰减器 (OVA) 将泵源光源分成 N 路，以产生 N 个泵模模式。通过合束器将 N 个信号模式进行空间合束，并通过分色镜输入到信号光路中。通过调谐每个 OVA，就可以调节单个泵浦模式内容的功率，从而能够控制泵浦光与信号光之间的交叠以及 MDG。

通过在接收器前使用少模掺铒光纤放大器，研究人员成功地通过 50km 长的少模光纤传输了 26.4Tbit/s 的模分复用 DWDM 信



号。^[2] 接收到的信号由三个同步相干接收器探测，模式耦合、模态的群延迟和色散，由一个数字式多人多出 (MIMO) 均衡器补偿。

该实验证明了研究人员对 MDG 的控制，对于所有通道，产生的位错误率 (BER) 都小于 3.8×10^{-3} ，在前向纠错后足以进行无差错传输。“少模掺铒光纤放大器有望成为未来长距离 SDM 传输系统的关键元件，” CREOL 的博士研究生 Neng Bai 表示，“我们期待着与业界合作，以实现低复杂度、高效率的少模掺铒光纤放大器。” □

参考文献

1. N. Bai et al., OFC/NFOEC 2012, Special Symposium on Enabling Technologies for Fiber Capacities Beyond 100 Terabits/second, paper OW1D.3 (Mar. 7, 2012).
2. N. Bai et al., Opt. Exp., 20, 3, 2668 (2012).





光纤激光器

光纤激光器最新发展动向及应用

光纤激光器结构紧凑、牢固耐用，光路无需调整，并且易于散热。目前市场上有多种形式的光纤激光器，每种都拥有各自的独特优势。

Jeff Hecht

光纤激光器是标准固体激光器的另一种形式，它们采用光纤作为增益介质，而非固体激光器通常采用的棒状、平板或碟片增益介质。光纤激光器的激光输出，是由光纤纤芯内的掺杂增益介质发射的，其纤芯结构多种多样、由简至繁。光纤激光器的一个重要特征是光纤拥有很大的表体比，因此其散热相对较为容易。

光纤激光器通过光学泵浦，最常用的泵浦源是二极管激光器，某些情况下也会使用其他光纤激光器泵浦。这些系统通常采用光纤元件，大多数元件甚至是所有元件都通过光纤耦合在一起。当然，在某些情况下也会使用体光学元件，有时候内部光纤耦合系统还可以与外部体光学元件结合使用。

二极管泵浦源包括单个二极管、二极管阵列或是多个二极管（每个单独的二极管通过光纤耦合到一个耦合器中）。掺杂光纤在光纤两端都有腔镜。实际上，这些腔镜是在光纤内制造的光纤布拉格光栅。光纤端面没有体光学元件，除非是输出光束进入非光纤系统。由于光纤可以弯曲，因此光纤激光器的腔长可以根据需求长达数米。

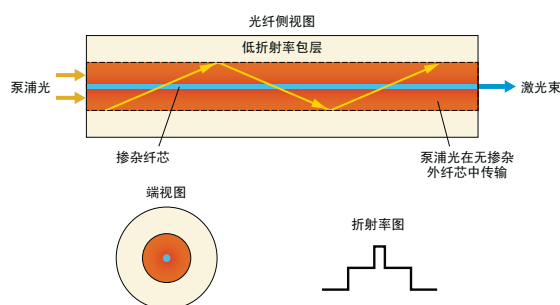


图1: 光纤激光器的结构图，其中包括掺杂的内纤芯（本身构成激光器）、无掺杂外纤芯（通常也称为内包层，泵浦光在其中传输）以及外包层。

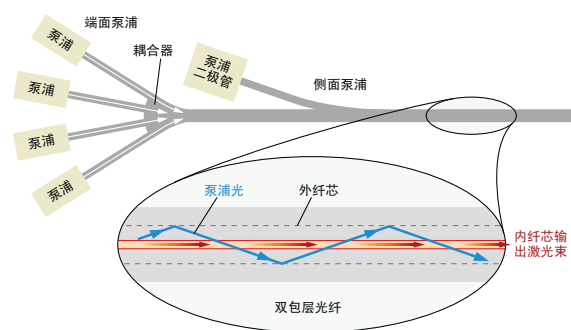


图2: 光纤激光器可以用一个或多个激光器进行端面泵浦，也可以将泵浦光通过侧面耦合到外纤芯中实现侧面泵浦（通常采用多个泵浦激光器）。

双纤芯结构

光纤激光器采用的光纤结构至关重要，最常见的结构是双纤芯结构（见图1）。无掺杂的外纤芯（有时也称为内包层）用于收集泵浦光，并使其沿着光纤传输。光纤产生的受激辐射沿内纤芯传输，内纤芯通常是单模的。内纤芯包含掺杂增益介质（铒或铥），其在泵浦光的激发下会产生受激辐射。外纤芯形状有多种非圆形变体，包括六角形、D形以及矩形，这些形状可以减少泵浦

光偏离内纤芯的概率。

光纤激光器可以采用端面泵浦或侧面泵浦（见图2）。在端面泵浦中，来自一个或多个泵浦激光器的输出光入射到光纤端面；在侧面泵浦中，泵浦光耦合到光纤侧面，事实上是通过耦合器将泵浦光耦合到外纤芯，这与激光棒的侧面泵浦（泵浦光沿激光棒的垂直方向入射）不同。

要让光纤激光器工作需要考虑诸多设计因素。首先需要考虑泵浦光到纤芯的耦合、泵浦波长与光学吸收的匹配，以及泵浦光耦合到内包层以获得粒子束反转、从而实现内纤芯的受激辐射。激光器纤芯的增益程度不同，其主要取决于光纤掺杂程度和光纤长度。这些都是设计人员应该调整的因素，以满足实际性能需求。

光纤激光器的输出功率存在上限，特别是受到单模光纤的制约。由于单模光纤的纤芯横截面积非常小，因此导致通过光纤的光强非常高。在这样高的光强下，非线性布里渊散射效应逐渐增强，最终将输出功率限制在千瓦量级。如果输出功率足够高，光纤端面甚至会发生光学损伤。





技术中心 Technologies Center

表1: 光子转换效率

激活元素	输出波长	泵浦波长	光子转换效率
Neodymium (solid-state)	1064 to 1088 nm	808 nm	76%
Ytterbium	1030 to 1100 nm	910, 940, 975 nm	Over 90% at 940/1030
Erbium	1550nm band	980 and 1480 nm	95% or 63%
Yb-Er	Erbium	Ytterbium	
Thulium	1750 to 2100 nm	793 nm	2 out/1 in

高效率

光纤激光器是准三能级系统。泵浦光子将增益粒子从基态激发到一个更高的能级，随后该粒子又从高能级跃迁至某一基态，并获得激光输出。这是一个非常有效的过程。例如：镱在 940nm 泵浦光的激发下，可以发射 1030nm 的激光，其量子缺陷（能量损耗）仅为 9%（见表 1）。

与之相比，采用 808nm 泵浦光激发铒的量子缺陷约为 24%。因此，铒具有更高的效率，但实际上并不会获得如此高的理论效率值，因为有些光子会损失掉。铒可以用多个波长泵浦。铒可以用 1480nm 或 980nm 波长的光泵浦。尽管从光子效率的角度考虑，980nm 泵浦的效率比不上 1480nm 泵浦，但是由于 980nm 泵浦源具有更好的性能，因此其更为有用。

光纤激光器的总体效率由两个过程决定。首先是泵浦二极管的效率。半导体激光器具有较高的效率，通常其电 - 光转换效率可以达到 50%，实验室中甚至获得超过 70% 的高效率。如果泵浦源的输出波长与激光器增益介质的吸收峰相匹配，泵浦最为有效。

决定光纤激光器总体效率的第二个因素是光 - 光转换效率。如果光子损耗小，便可以获得更高的激发和能量抽取效率，光 - 光转换效率可

以达到 60%~70%。因此，光纤激光器的总体转换效率（电源效率）在 25%~35% 之间。

满足多种需求的配置

连续光光纤激光器可以是单模或多模（就横模而言）输出。单模输出可以获得较高的光束质量，用于材料加工或者大气传输；多模工业用激光器可以获得更高的功率。如果应用不需要单模运转所提供的极高光强，那么来自多模运转提供的更高功率通常是一大优势，例如一些切割、焊接以及热处理应用（特别是需要大面积辐照的热处理）。

长脉冲光纤激光器实际上是准连续光激光器，它们通常输出毫秒量级的脉冲。通常它们的占空比为 10%（取决于泵浦二极管调制），这可以获得比连续光运转更高的峰值功率，其功率通常是连续运转情况的 10 倍以上。这对于某些材料加工（例如脉冲打孔）而言更具优势。脉冲重复频率可以高达 500Hz，这主要取决于脉冲宽度。

光纤激光器也可以实现 Q 开关运转，基本原理与体 Q 开关激光器相同。通常脉宽范围在纳秒至毫秒量级。光纤越长，实现 Q 开关运转所需要的时间越长，并且产生的脉冲也更长。

光纤的属性为 Q 开关带来了若

干限制。由于纤芯横截面积很小，导致光纤激光器的非线性更加严重，因此限制了其峰值功率。光纤激光器中的 Q 开关可以采用体 Q 开关或光纤 Q 开关，前者性能更好，而后者可以直接连接到光纤激光器中有源光纤的端面。

在锁模光纤激光器中，脉冲重复频率取决于增益介质的长度（与其他所有锁模方案相同），而脉宽取决于增益带宽。振荡器输出的最短脉宽约为 50fs，通常在 100fs 量级。采用具有外部啁啾脉冲放大与压缩的振荡器 - 放大器系统，可以获得更短的脉冲。

掺铒和掺镱光纤的重要差别在于两者分别工作在不同的色散区。掺铒光纤工作波长为 1550nm，这位于材料的反常色散区，因此可以获得孤子输出。掺镱光纤工作在材料的正常色散区，通常可获得强啁啾脉冲，因此需要采用啁啾布拉格光栅去除脉冲啁啾以压缩脉宽。

改变光纤激光器输出脉冲的方式有多种，特别是对于皮秒超快研究等应用。人们可以制造纤芯极小的光子晶体光纤，产生强非线性效应，用于超连续产生等应用。相反，人们还可以制造纤芯很大的单模光子晶体光纤，以避免高功率条件下的非线性效应。

目前人们正在制造可弯曲的大纤芯光子晶体光纤，用于高功率应用。这其中的一个关键因素是尽量弯曲这些光纤，以耗散掉任何不必要的高阶模，仅留下单个基横模。通过非线性效应可以产生谐波、和频与差频，从而获得更高的频率和更短的波长。非线性效应还可以导致脉冲压缩，获得光频梳。



Technologies Center 技术中心

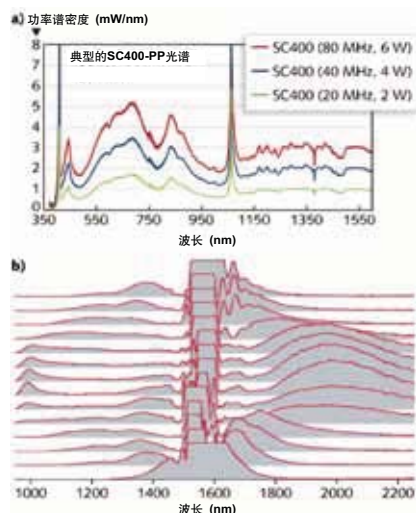


图3: 利用非线性光学效应, 光纤超连续光源通过窄带脉冲获得了宽带光谱输出 (a)。还可以获得瓦级的超连续输出。通过改变输入脉宽, 可以改变光纤输出的红外超连续光谱 (b)。



图4: 美国海军激光武器系统 (LaWS) 由六台独立的光纤激光器组成。每台激光器输出的光束通过非相干方式合束为功率33kW的输出光束。

在超连续光源中, 非常短的脉冲通过自相位调制可以产生极宽的连续光谱。例如: 镱光纤激光器输出的1050nm、6fs的脉冲, 可以产生从紫外到1600nm波段的超连续波, 尽管整个光谱不是很规则 (见图3)。另一种位于红外波段的超连续光源, 用1550nm的掺铒光纤激光器泵浦,

超连续光谱随脉宽而变化。该超连续光源波长范围超过一个倍频程, 最长波长超过2200nm。

高功率光纤激光器

目前, 工业市场是光纤激光器最大的市场, 最常用的输出功率为千瓦级。光纤激光器在汽车工业中的应用尤其引人关注。目前, 汽车制造正在转向高强度钢材, 以满足坚固耐用的需要, 但同时还要具有较轻的质量以降低油耗。如何切割高强度钢材呢? 人们开始转向光纤激光器。常规机器很难在高强度钢材上打孔, 然而光纤激光器 (以及其他激光器) 可以很容易地做到这一点。

相比于其他激光器, 光纤激光器在材料加工方面具有诸多优势。例如: 光纤激光器输出的近红外波长可以很好地被金属吸收; 光束可以通过光纤传输, 这样可以利用机器人很容易地在切割和打孔过程中移动光束焦点位置。

光纤激光器还能够满足极端功率需要。美国海军海上系统司令部于去年测试的海军激光武器系统 (LaWS) 由六台光纤激光器组成, 每台光纤激光器的输出功率为5.5kW, 输出通过非相干合束, 并由光束导向器发射 (见图4)。该33kW的系统用于击落无人驾驶的飞机 (UAV)。尽管输出光束并非单横模, 但整个系统均由常见的标准元件构成, 因此引起了人们的极大兴趣。

单台光纤激光器输出的最高单横模功率为10kW, 来自IPG Photonics公司。在该系统中, 主振荡器产生千瓦级的光功率, 然后进入放大器放大。放大器由其他光纤激光器输出的1018nm光泵浦。整个系统约有两台

顶尖 PINNACLE

Your Strategic Partner in Photonics
您的光电子战略合作伙伴

提供激光测量完整解决方案

laserpoint 激光功率计

- 可测量功率范围: 100nW~6000W
- 波长范围可覆盖: 0.19um~25um
- 可长时间自动监控功率波动
- 具有位敏探测功能

DUMA OPTRONICS LTD. 激光光斑分析仪

- 适用于连续或脉冲激光器的光斑测量和分析
- 基于140万像素高分辨率CCD
- 可对激光光斑进行高斯 (或平顶) 拟合分析, 测量光斑大小
- 可获取2维和3维的激光光斑强度分布
- 可同时测量激光功率和光斑位置

自相关仪

- 可测量超快激光脉冲宽度
- 测量范围: 20fs~300ps
- 工作波长: 260nm~2400nm
- 选配灵活, 操作简单

顶尖科仪部分代理厂家 (以开头字母排序)

BATOP	gonoptics INC.
DUMA OPTRONICS LTD.	KMLabs
laserpoint	LEE LASER
LUMERA LASER	MenloSystems
micron	SOLAR LASER SYSTEMS
LightHouse Photonics	Ocean Optics
ULTRAFLEX	ULTRAFLEX

顶尖科仪 (中国) 股份有限公司
Pinnacle Scientific (China) Corporation
+86-571-88225151 | sales@psci.cn | www.psci.cn



图5: 单频光纤激光器的输出线宽小于1kHz。

冰箱那么大。

单台光纤激光器输出的最高多模功率为50kW，同样来自IPG Photonics公司。该系统采用非相干光束合成，因此输出光束质量并不高（光束参数积为10， M^2 因子为33）。光纤激光器的牢固耐用性，使其对于工业应用而言极具吸引力。

光纤激光器的其他应用还包括高功率切割与焊接。例如：在高速钢板焊接中代替电阻焊，能够解决电阻焊导致的材料扭曲。功率及其他反馈控制允许光纤激光器实现精密的切割曲线，特别是在边角位置。

混凝土打孔

输出功率为4kW的多模光纤激光器已经用于混凝土的切割与打孔。为什么要用激光切割混凝土呢？这是因为当工程师们试图增加现有建筑物的防震性能时，他们对混凝土的操作必须十分谨慎。然而他们需要钢筋之类的东西放入混凝土中

来增加强度，从而在地震来袭时避免坍塌。常规的冲击钻孔会导致混凝土产生裂缝以及性能变差，而光纤激光切割可以避免这种现象。

例如Q开关光纤激光器已用于激光打标或半导体电子元件加工等脉冲材料加工。它们还可用于激光雷达——绿激光模块尺寸仅为手掌大小，包含人眼安全掺铒光纤激光器，输出峰值功率4kW，重复频率为50kHz，脉宽5~15ns。

人们对于更小型光纤激光器在微加工以及纳米尺度加工方面的应用非常感兴趣。在表面烧蚀应用中，如果脉冲宽度小于35ps，就可以避免材料溅射，从而消除被切割材料中的切口或其他不想看到的缺陷。飞秒脉冲能够产生对波长不敏感的非线性效应，并且不会对周围区域产生热影响，可以在材料加工中避免损伤周围区域。此外，飞秒脉冲能够打出具有较大“深宽比”的孔，例如采用800fs、1MHz的飞秒脉冲，可以在几毫秒内在1mm厚的不锈钢上打出诸多小孔。

飞秒脉冲还可以对透明材料进行表面加工，例如人眼治疗。在准分子激光原位角膜磨镶术（LASIK）中要切割角膜瓣，需要将飞秒脉冲通过高数值孔径透镜聚焦到眼表面下的一个点。这可以避免表面损伤，而是在某个可控深度对人眼材料进行击穿。角膜表面（对视觉起重要作用的平滑表面）不会受到任何损伤。随后可以将角膜下分离出来的角膜瓣拉起，然后进行烧蚀性准分子激光角膜整形。皮秒及飞秒光纤激光在医疗方面的其他应用还包括皮肤病学中的浅层外科手术，以及某些种类的光学相干层析（OCT）。

飞秒光纤激光在科学方面的应用包括激光致击穿光谱学、时间分辨荧光光谱学以及广泛的材料研究。光纤激光器还可以产生飞秒光频梳，其在测量学以及科研领域具有重要价值。光频梳非常易于产生，其近期涌现出的一项应用是作为下一代GPS卫星的原子钟，可以获得更精密的地面位置分辨率。GPS测量技术，不仅能让人们更准确地了解所在位置，还能用于引导自动设备（如机器人拖拉机，它们需要知道自己正在两排玉米之间耕作，而不是压在玉米上）。

单频光纤激光器的输出线宽可以小于1kHz（见图5）。该装置小巧紧凑的体积令人印象深刻。其输出功率在1mW~1W之间，波长位于掺铒光纤波段。其可用于通信、测量学（例如光纤陀螺仪）以及光谱学领域。

未来展望

光纤激光器在研究领域还有很多应用有待开发。例如：军用方面正在着力开发的应用领域之一是将不同光纤激光器的输出光束，通过相干或光谱合成的方法结合，以获得高质量的单个光束，最终目标是获得单横模的高功率激光束。

光纤激光器市场正在飞速增长，特别是在汽车领域。另外，光纤激光器也正在逐渐取代一些传统的激光器。光纤激光器除了在本能和性能方面仍有广泛的提升空间外，还涌现出了更为实用的飞秒及超连续光源。光纤激光器的应用正在超出人们之前的预期，可以说它们也是推动其他激光器发展的一股力量。□





超快激光器

显微镜成像领域的超快激光器： 更长激发波长与波长独立调谐能力

一直以来，即开即用型可调谐飞秒激光器主要用于满足两方面的需求：一是实现在活体组织中更深处的成像；二是支持多模式成像。

Darryl McCoy, Marco Arrigoni, Coherent 公司

非线性成像技术是一种行之有效的工具，其通过提供独特的数据来帮助生物学家将特定的分子活动与细胞乃至整个生物体的功能和结构紧密联系起来。目前有两大主要发展趋势影响着可调谐超快激光器的设计，以实现在衍射极限或近衍射极限情况下的非线性显微成像：第一是需要更长的波长来实现更深度的成像和更少的光损伤；第二是使用更加灵活的系统来支持多模式成像。同时，系统灵活性不但能减少实验的建立时间，而且还能使激光器的价值最大化。

更宽的调谐范围和更长的激发波长

非线性成像能够受益于超快激光光源更宽的调谐范围，尤其是在长波长区域。更宽的调谐范围能够支持荧光体-染料、指示剂和荧光蛋白的样品需求，这些样品在尖端生物学领域的应用不断增加。此外，对于二次谐波和三次谐波成像而言，更宽的调谐范围能够使这些成像技术工作在一个更加合适的波段，而这一波段正好能够与其他实验参数和限制相匹配。最为重要的是，扩



图1：更长的波长实现更深层次的组织成像。图中小鼠脑部毛细血管的MPE照片，是利用AlexaFluor 568和相干公司的Chameleon Vision II 激光器实现的双光子激发成像。

展超快显微镜激光器的调谐范围到更长波长，使得对更深层次组织的成像成为可能（见图1）。

之所以能够在更深层次的组织中成像，是因为生物样品的光散射大部分是米氏散射，正比于 $1/\lambda^4$ 。因此，即使激发波长有一个很小的增加（如几十个纳米），也会导致散射部分极大的减少，这已被证明是在深组织成像中限制信噪比的一个重要因素。

使用更长波长同样能减少光损伤。例如，曾有研究人员证实^[1]，在大多数植物标本上通过紧聚焦，可以使用平均输出功率超过 100mW 的 1280nm 激光束安全地观察到持续的多光子光谱。在同一项研究

中，研究人员还发现当使用波长 830nm、平均功率大于 10mW 的钛宝石激光束紧聚焦照射样品时，通常在一秒钟之内就会观察到由多光子吸收激发引起的破坏性等离子体的形成。在一项胚胎研究中^[2]，研究人员指出：“很明显，使用 800nm 和 1250nm 高强度光激发有显著的不同。较长波长对胚胎的损伤更小，可以认为是安全辐射。”因此，较长波长同样实现了高功率激光的安全使用，这反过来又促进了最大可能的成像深度。

灵活的波长调谐实现多模式成像

目前有各种各样的非线性激发





技术中心 Technologies Center

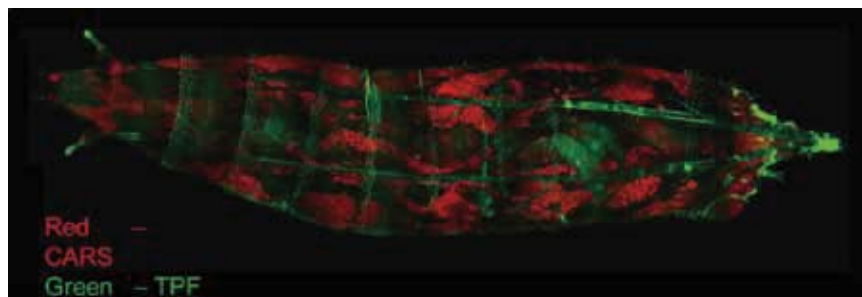


图2: 多模式成像案例——伪彩色果蝇幼虫全身成像。红色是无标记CARS信号, 绿色是双光子荧光信号。

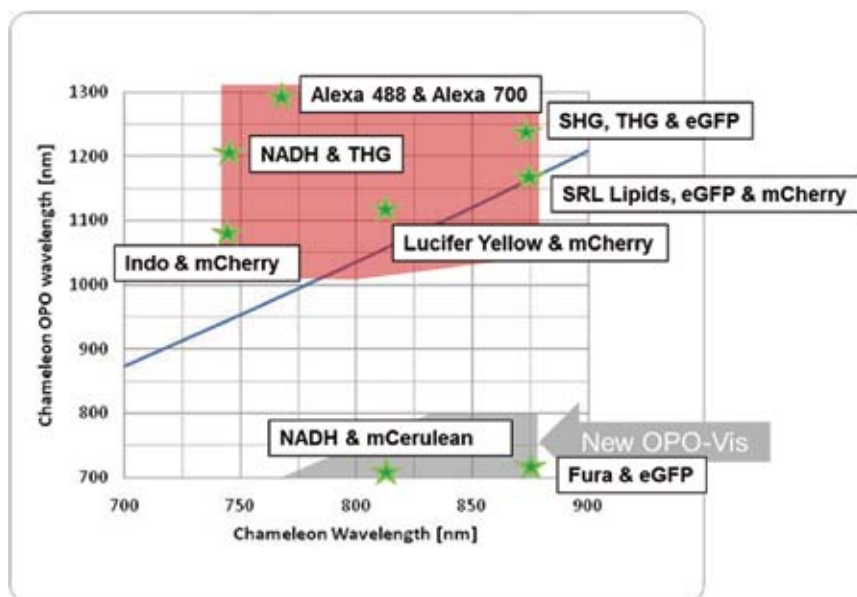


图3: Fan-poled 晶体的使用, 使得钛宝石振荡器与OPO能够实现独立的大范围波长调谐。OPO的输出倍频进一步扩展了多模式成像能力。图中显示了荧光体与成像技术是如何通过多模式成像来相互匹配的。蓝色线条代表了频率间隔为 2840cm^{-1} 的脂类CARS成像。

技术, 每一种都适于对不同种类的生物分子和微结构进行成像。例如, 相干反斯托克斯拉曼散射 (CARS) 通常是通过在 2840cm^{-1} 附近激发它们的 CH 延展振动、从而为脂类成像提供最佳方法。另一方面, 多光子激发 (MPE) 是用于激发荧光蛋白、传统染色剂和内源性荧光样品荧光的理想方式。而二次谐波和三次谐波技术最适用于膜、胶原蛋白和肌纤维, 同样也能用于一些脂类。因此, 研究人员经常想在同一个样品上同时使用这几种不同的方法 (见图 2), 或者利用两个不同波长进行多光子

激发 (MPE)。这被称作多模式成像, 理想的激发光源需要有两个独立可调谐的输出波长。

满足显微镜成像的需求

为了满足长波长激发的需求, 首先要扩展自动钛宝石激光器的调谐范围。具体来说, 当输出波长超过 1000nm 时, 钛宝石的增益便会逐步下降。然而, 调谐范围是可以减少损耗和增加泵浦功率来扩展的。例如, 相干公司最新的 Chameleon Vision 系列激光器使用的宽带光学元件具有极低的散射

和吸收, 配合使用相干公司独特的 18W 、 532nm 泵浦激光器, 实现了波长范围 $680\sim 1080\text{nm}$ 的一键式调谐。

随着紧凑型光学参量振荡器的不断发展, 如相干公司的 Chameleon Compact OPO, 人们对使用波长大于 1080nm 激光的兴趣也在不断增加。通过使用集成式控制器即可轻松将波长调谐至 1600nm , 操作非常简便。此外, 使用可选的 fan-poled OPO 晶体, 可以让钛宝石激光器和 OPO 在不改变光束指向的条件下实现独立调谐, 这对于多模式成像是非常理想的。现在又增加了一个将 OPO 输出倍频得到可见光的选项, 进一步增加了多模式成像的选择 (见图 3)。

总结

总之, 非线性或多光子成像是超快激光器的重要应用之一。激光器制造商正在从操作的简便性、调谐范围和系统灵活性这几个方面不断改进超快激光器产品, 进一步支持该领域的发展。□

参考文献

1. I.H. Chen, SW. Chu, C.K. Sun, P.C. Cheng, and B.L. Lin, Wavelength dependent damage in biological multiphoton confocal microscopy...” optical and Quantum electronics, vol 34, 1551-1266 2003).
2. 4. V.V. Yakovlev, Advanced Instrumentation for Raman Microscopy, J. Raman Spectrosc., vol 34, 957-964 (2003).



扫描振镜

Superscan-II 全新高精度扫描振镜

Peter von Jan, Markus Axtner, Raylase公司

随着高亮度激光应用的增长以及生产流程复杂性的增加，客户对于生产的光学系统和定位组件的精度要求也越来越高。此外，高亮度激光通常能够获得传统移动系统无法实现的加工速度。多年来，扫描系统已经成功应用于诸多领域，特别是打标领域。Raylase 公司全新的 Superscan-II 高精度扫描振镜，提供了一种不同于传统的多轴系统的解决方案。

根据扫描器的工作原理，扫描电机最微小的角度误差都会对工作平面的激光聚焦位置产生影响，特别是在工作距离相对较长的条件下使用时（而这正是激光系统亮度增加后的一种结果）。在这种情况下，便需要一种新型高精度扫描器，能够在最有差异的工作条件（扫描速度、占空因数）下长期维持稳定的工作状态，并且具有更高的极限值和更大的动态范围。Raylase 公司最新的 Superscan-II 高精度扫描振镜很好地满足了上述条件。

Superscan-II 介绍

新型 Superscan-II（见图 1）是一种满足高精度和长时间稳定性要求的紧凑型扫描组件。该组件可提供



图1: Superscan-II 高精度扫描振镜。

表1: Superscan-II 的反射镜规格。

● SPIEGELSPECIFIKATIONEN								
Laser	Nd:YAG	Nd:YAG verdreht	Nd:YAG verdreht	breitband	breitband	breitband	CO ₂	CO ₂
Wellenlänge (nm)	1.064	532	355	400-1.064	400-980	10.600	10.600	10.600
Beschichtung	dielektrisch	dielektrisch	dielektrisch	Silber P	dielektrisch	dielektrisch	dielektrisch	Gold P
Max. Reflexion @ Wellenlänge (nm)	99.5% @ 1.064 99.0% @ 633	99.5% @ 532 99.0% @ 633	99.0% @ 355 99.0% @ 633	97.0% @ 400-1.064 97.0% @ 633	99.0% @ 400-980 99.0% @ 633	99.0% @ 10.600 99.0% @ 450-650	99.0% @ 10.600 99.0% @ 450-650	99.0% @ 10.600 99.0% @ 450-650
Plattgröße @ 633 nm	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Max. Laserleistung, ew (W/cm²)	300	300	100	70	300	300	300	300
Max. Laserleistung (W/cm²)	100	100	30	70	300	300	300	300
100 ns Pulsbreite (W/cm²)	100	100	30	70	300	300	300	300
Oberflächenbeschaffenheit (Scratch/Dig)	40/20	40/20	40/20	40/20	40/20	40/20	40/20	40/20

Tunget für andere Wellenlängen auf Anfrage.

表2: SS-II、SS-II-LD（水冷）和SS-II-AC（自动校准）的动态数据（与孔径相关）。

● APERTURABÄHÄNGIGE SPEZIFIKATIONEN – DYNAMISCHES VERHALTEN												
Aperturweite	SS-II-18			SS-II-15			SS-II-10			SS-II-8		
Varianten	SS	SS-LD	SS-AC	SS	SS-LD	SS-AC	SS	SS-LD	SS-AC	SS	SS-LD	SS-AC
Beschleunigungszeit (ms)	≤ 0.19	≤ 0.19	≤ 0.22	≤ 0.32	≤ 0.32	≤ 0.36	≤ 0.80	≤ 0.80	≤ 0.89	≤ 0.80	≤ 0.80	≤ 0.89
Schritzwinkelgeschwindigkeit (cps/10°)	> 300	> 300	> 700	> 500	> 500	> 435	> 350	> 350	> 300	> 350	> 350	> 300
Positionierungsgeschwindigkeit (mm/s) ⁽¹⁾	> 30.0	> 30.0	> 8.8	> 7.0	> 7.0	> 6.0	> 6.0	> 6.0	> 5.2	> 6.0	> 6.0	> 5.2

(1) Ab Achsenmittelpunkt (Quarzwandung 1 mm, Sicherheit). (2) Mit F-Theta-Objektiv f=100 mm / Halbwertsbreite 150 mm x 150 mm. (3) Zeichnungsmaß 8 mm Höhe, senkrecht.

的孔径大小有 10mm、15mm、20mm 和 30mm；提供多种类型的反射镜：Nd:YAG ($\omega, 2\omega, 3\omega$)、二极管激光器 (800~980nm)、以及 CO₂ 激光器（见表 1）。Superscan-II 主要应用于打标、雕刻、烧蚀、穿孔、切割、焊接、构造、修复和快速制模 / 快速成型。因为其快速的扫描速度和精确的定位精度，Superscan-II 特别适合于高速飞行加工。表 2 给出了 Superscan-II 的一些动态数据。

机械结构

为了满足用户的高精度要求，必须设计新的机械结构。新的机械结构既要具有很高的构件安装精度，又要能保证电子驱动设备所产生的热量能够均匀分配、并能有效地向外部传导。以定位销连接板作为外壳和构件支座的常规结构（见图 2），其精度和热传导性都不理想。鉴于此，SuperScan-II 选择了一种新的技术结构：在通过对流和热传导形成同步有效热流的条件下，新型精铣双铝壳结构（见图 3）

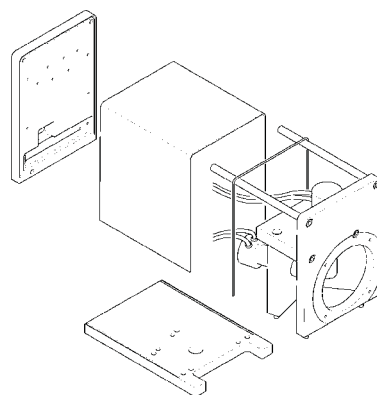


图2: “常规”安装的钳头“部分分解图”（无构件）。

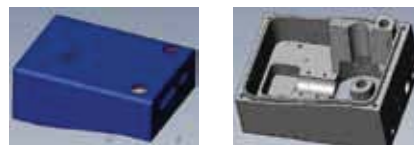


图3: Superscan II “部分分解图”（无构件）。

保证了高稳定性。电流计钳头的套管被精确的嵌在壳中，从而无需进行额外的校准工作。因此这种双壳创新结构简化了安装钳头这一步骤。

冷却设计

尽管上文已经提到外壳和零件支架在散热性能方面是经过优化的结构，但是由于会有大量余热（特别



产品特写 Featured Product

是仅能依靠被动冷却的电流计钳头的电子传动设备产生的余热)造成温度不规则的升高,例如在进行 FEM 运算时(见图 4)。在没有主动冷却措施的情况下,振镜的温度与室温(23℃)相比在正常负荷条件下升高了 17℃,在温度最高的位置(动力电子设备上方的壳盖)升高了约 23℃。与下文将提到的在超过约 1~2 个小时达到稳定条件后的“瞬态振荡”冷却状态相比(见图 5a),位置测量显示偏差为 $\Delta\phi_x=277\mu\text{rad}$ 和 $\Delta\phi_y=224\mu\text{rad}$ 。增益漂移测量也会显示类似特性(见图 5b)。在相同的高精度条件下,当一个应用要求交变的工作模式时,这种特性具有干扰性,是用户不希望看到的。

因此 Superscan-II 可以选择装配水冷温度调节器(Superscan-II-LD),这样可以将电流计释放到外壳的热量更高效的导出,明显降低负载。大部分热量是电子驱动设备产生的,电子驱动设备不与外壳直接接触,但与散热器相连接。对流冷却散热效率不足,还必须采取其他措施来加强散热。这里利用一种对扫描器有效的新型热传导原理作为补救措施。运用上述冷却技术后的 FEM 运算(见图 6)显示:只有振镜左下角的温度上升了 4~8℃;冷却状态的位置漂移值下降到了一半以下($\Delta\phi_x=125\mu\text{rad}$ 和 $\Delta\phi_y=145\mu\text{rad}$);瞬态振荡特性也明显得以改善(见图 7),约 20 分钟后在增益条件下获得稳定状态(20 $\mu\text{rad/K}$);位置测量时,时间常数几乎没有改变,但仍然可以确定:在达到稳定状态之前,漂移值变得更小了(<0.005%/K)。

Superscan-II 主动有效的冷却措施,允许设备无故障的持续运转且

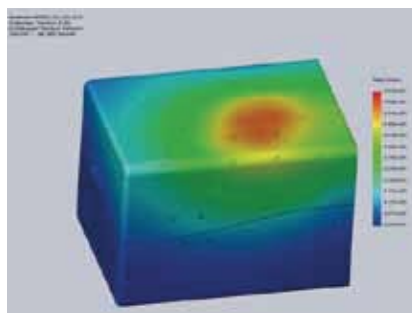


图 4: 上升温度 FEM 运算, 无水冷的钳头。

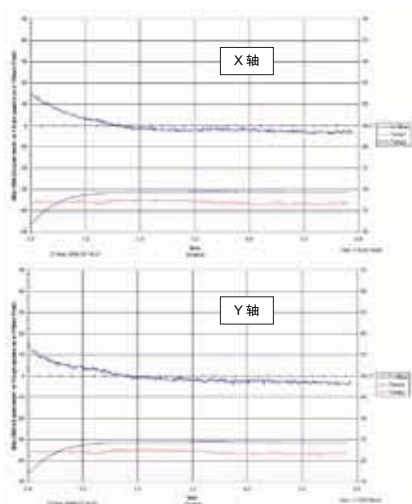
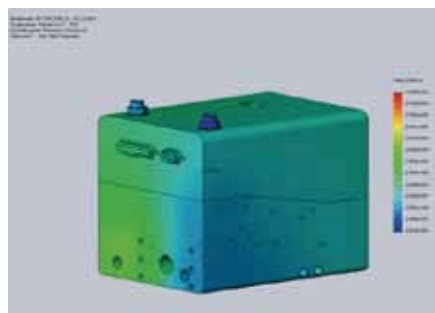


图 5a: 无水冷位置漂移。

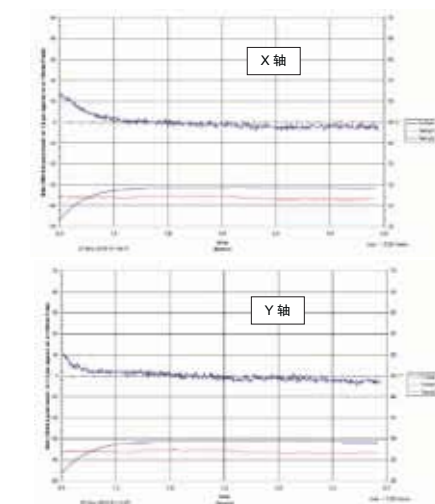


图 5b: 无水冷增益漂移。

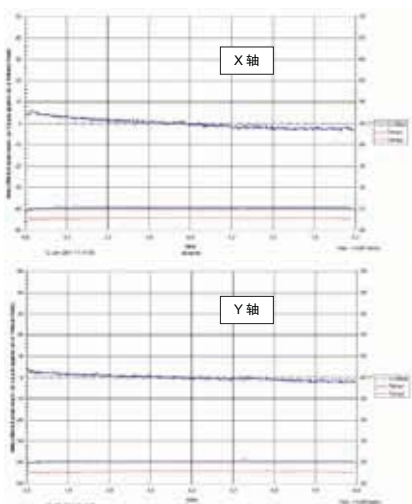


图 7a: 无水冷位置漂移。

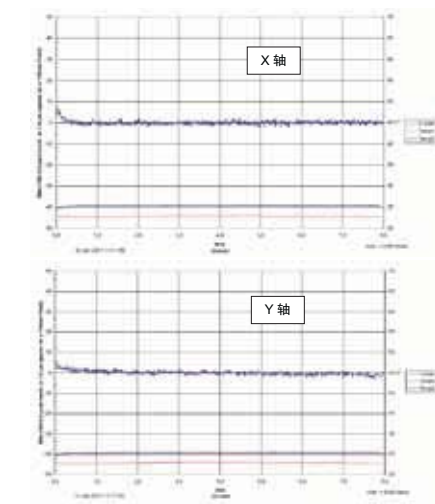


图 7b: 带水冷的增益漂移。

驱动级不会过热,即使是在环境温度达到 40℃ 的条件下(如在热带或者南亚的生产环境中),也能够保证高度的运转安全性。为了保障精度以及保障超过 24 小时的长期漂移小于 200 μrad (每根轴),水温 and 室温

的稳定性 ΔT 要 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ 。

自动校准

尽管 Superscan-II 有着几乎完美的冷却计划,但是仍然会出现漂移过程,这可能对与目前运转模式相

下转第29页





扫描振镜

OSA203 傅里叶变换光谱分析仪

Thorlabs公司

Thorlabs 公司的光谱分析仪 (OSA) 是以波长为函数关系测量光源光功率的通用仪器。该仪器完全能够胜任分析宽带光信号、增益芯片的法布里 - 玻罗模式或长相干长度单模外谐振腔激光器。Thorlabs 公司的光谱分析仪是一种傅里叶变换光谱分析仪 (FT-OSA)，采用以插 / 拔构造的扫描迈克尔逊干涉仪构建。这种构造可以实现带额外高精度波长计的全功能光谱分析仪设计。

设计原理

Thorlabs 公司的光谱分析仪——OSA203 具有一个 FC/PC 型光纤输入端。它可以使用直径 $50\mu\text{m}$ 的单模或多模光纤。Thorlabs 也可以根据用户需求定制输入插头。OSA203 用于测量连续波光源，不能用于一些使用脉冲光源的应用中。

在准直输入信号后，光信号被分束器分为两路。这两路光的光程差在 $0\sim\pm 40\text{mm}$ 之间。准直的光场在分束器发生干涉，并用探测器部件记录干涉图样。这种干涉图是输入光谱的自相关波形。对波形进行傅里叶变换后，就可以复现出光谱信号。最终得到的光谱具有高分辨率和很宽的波长覆盖范围，其中光谱分辨率与光延迟范围相关。其波长范围受探测器和光学镀膜带宽的限制。

此外，该系统包含了稳频 He-Ne 参考激光器，用以保障测量精度，该激光器可提供高精度的光路长度变化测量，使系统可以实现连续自校准。该过程保证了该系统的精度能够超越光栅型光谱分析仪的光学分析能力。

OSA203 采用两个反射器，如左图所示。这些反射器安装在一个音圈驱动平台上，该平台可以使干涉仪的两个参考臂同时、反方向动态变化。当平台移动时，干涉仪的光程差 (OPD) 变化是平台机械运动距离的四倍。光程差的变化直接与光谱分析仪的最小精度成比例。OSA203 可以在 1550nm 光波下达到光谱分辨率为 60pm (皮米)。光谱分辨率是根据瑞利判据定义的。当用作波长计时，其分辨率会发生明显改善，达到 0.2pm 。

OSA203 中采用了一个嵌入式的自稳定 He-Ne 参考激



图1: OSA203傅里叶变换光谱分析仪。

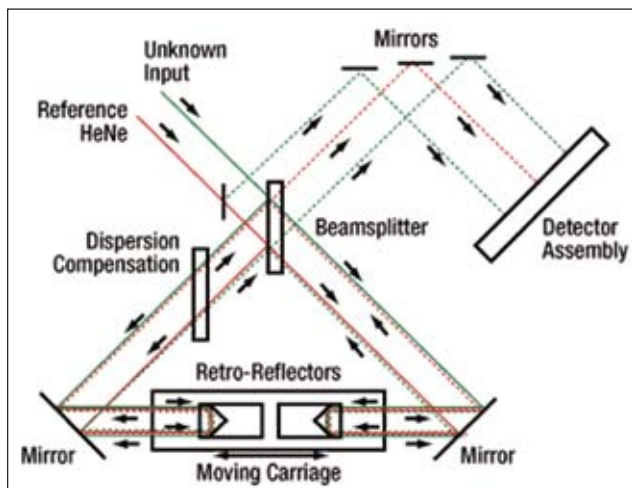


图2: OSA203的设计原理图。

光器，以通过干涉方式记录光程长度的变化。该参考激光器位于干涉仪内部，与未知光具有相同的光路，以使两个光源的光程变化完全相同。干涉仪还采用了一块色散补偿板，用以修正与干涉仪两参考臂的波长相关的光程长度差异，这种差异是由分束器造成的。

操作

OSA203 的图形用户界面便于用户通过 USB 接口连接到专用计算机上进行操作。该计算机可以记录 OSA203 产生的干涉信号，然后将其进行快速傅里叶变换，就可以得到最后的光谱结果。单色光可以通过采用光谱分析仪的波长计模式、以亚皮米分辨率进行观察；宽带光则



紫外系列固体激光器



MBurn355, 355nm (0.5w-1.5w)

Pulse Width
< 6ns



Excellent355, 355nm (2w-5w)

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。



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>

产品特写

Featured Product

表: OSA203参数规格

Item #	OSA203	Notes
Wavelength Range ^a	1000 - 2500 nm	Detector Limited
Spectral Resolution	60 pm @ 1550 nm / 0.25 cm ⁻¹	Broadband Mode
Wavelength Meter Resolution	0.2 pm	Wavelength Meter Mode Linewidth < 10 GHz
Display Resolution ^b	0 Decimals	Wavelength Meter Mode
Spectral Accuracy ^c	±4 pm	Broadband Mode
Wavelength Meter Accuracy ^c	±2 pm	Wavelength Meter Mode
Spectral Precision ^d	±1 pm	Broadband Mode
Wavelength Meter Precision ^d	0.2 pm	Wavelength Meter Mode
Input Power (Max)	10 mW	CW Source
Power Level Accuracy ^{e,f,g}		±1 dB
Signal-to-Noise Ratio		>40 dB
Level Sensitivity ^h		-70 dBm
Dimensions	320 mm x 149 mm x 475 mm (12.6" x 5.9" x 18.7")	
Input Voltage	100 - 240 VAC, 47 - 63 Hz, 250 W (Max)	
Operating Temperature	10 °C to 40 °C	
Relative Humidity		
Storage Temperature	-10 °C to 60 °C	
Optical Power (Max)	20 mW/13 dBm	

- 也提供其它探测器。
- 可以在0.9之间进行设置, 并带有自动选择可以设置相关的小数位数。
- 需要经过30分钟的预热, 带有FC/PC接头的单模光纤。
- 光谱精度是指重复性, 通过重复性可以用峰谱搜索工具测量光谱特性。
- 采用相同的输入单模光纤进行所有测量。
- 在绝对功率模式中的校准精度, 误差=2, 误差=Harm。
- 对于1000 - 2000纳米光源下的OSA 203。
- 在最高分辨率, 最高灵敏度和带宽=0时的可探测功率/光谱数据。

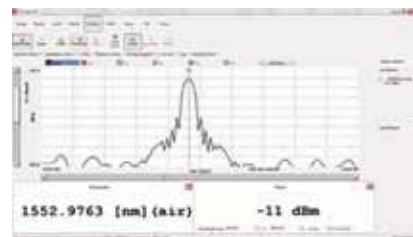
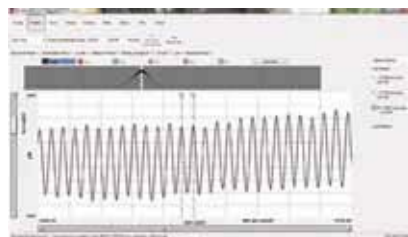


图3: 1550nm增益芯片的ASE光谱, 软件经过设置可以显示光谱和光功率。波长计模式窗口也被激活。

可以用光谱分析仪的软件进行观察, 该软件带有内置缩放和峰值分析功能。其中的峰值辨别器可以选择超过用户定义强度的波带, 并根据其波长 (nm)、波数 (cm⁻¹) 或频率 (GHz) 来显示。OSA203 在 1550nm 波长处的光谱分辨率为 60pm, 波长精度高于 2pm; 其在波长仪模式下的分辨率为 0.2pm。

软件

购买 OSA203 将附带台式计算机, 其中预装软件包。预装的软件带有定制的图形用户界面, 具有获取、检查、操纵和分析光谱数据和干涉图等功能。该软件便于定位和

追踪光谱的波峰和波谷、在整个波长范围内测量输入光功率、实时计算吸收光谱或随着时间追踪各种参数变化。该仪器还附带设备接口库, 包含数据获取的多种程序、仪器控制和光谱数据处理与操作。该接口库还可以通过 Labview、C、C++、C#、Java 或其他编程语言为用户自身应用开发定制软件。

每台光谱分析仪都附带一套 Labview 程序, 可以协助用户编写需要的应用程序。图 3 显示的截屏图是用附带的软件生成的。每个追踪结果都采用了 1550nm 的激光二极管, 说明了用光谱分析仪可能实现的各种测量。□



微电子加工

超快激光器提升 CIS 薄膜太阳能电池的效率

对于铜铟硒化合物（CIS）薄膜太阳能电池的集成互连，纳秒激光烧蚀和机械刻划图样加工会因为热效应和机械力导致薄膜损伤，而皮秒激光加工提供了一种更加成功的替代方案。

Gerhard Heise, Helmut Vogt, Andreas Heiss, Heinz P. Huber

光伏模块市场正以每年高于 40% 的速度增长。^[1] 在不断增长的太阳能光伏产业中，薄膜太阳能电池的市场份额持续增加。铜铟硒（CIS，具体为 $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})(\text{S}, \text{Se})_2$ ）薄膜太阳能电池有可能实现与块体硅晶圆相媲美的光电能量转换效率，实际生产的模块效率高达 13% 左右。^[2]

许多激光加工，包括结隔离、激光掺杂、激光切割以及激光焊接，正在保证晶硅太阳能电池和薄膜太阳能电池实现可靠且有效的生产。提高薄膜太阳能电池模块整体转换效率的一项重要技术是：通过将大的模块分成较小的串联电池，从模块中实现高电压 / 低电流输出，再通过集成的单片串联互连减少模块中的欧姆损耗。虽然纳秒激光烧蚀和机械刻划能够用于该加工过程，但是脉宽更短的皮秒激光则更加适合该应用。

串联互连工艺

典型的薄膜太阳能电池模块（外形尺寸约为 $0.5\text{m} \times 1\text{m}$ ）被划分成单独的电池，条带宽度约为 5mm。薄膜太阳能电池由金属接触、透明导电接触、以及夹在两者之间的吸收层组成，样子很像三明治，太阳光透过透明导电接触照射吸收体（见图 1）。在 CIS 的基底配置中，金属接触沉积在玻璃基底上。

为了完成单片串联互连，必须在薄膜层中创建三种功能线条图案，也即通常所说的 P1 层、P2 层和 P3 层。P1 层必须与钼（Mo）p 型接触实现电隔离。在 P2 层中，需要去除钼层顶部的 CIS 层，实现钼层与氧化锌（ZnO）层之间的良好接触。这种氧化锌层在后续步骤中沉积，作为透明 n 型接触。P3 层将这种 n 型接触分离，实现单片串联。

机械刻划的 P3 沟槽向下延伸到钼层；然而，功能上

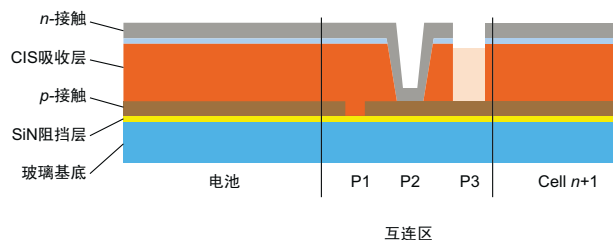


图 1：CIS 薄膜太阳能电池的串联互连区域的截面图。玻璃基底上覆盖了约 $1\mu\text{m}$ 厚的钼层，钼层上为 $1\sim 3\mu\text{m}$ 厚的 CIS 吸收层，吸收层上方覆盖着 $1\sim 2\mu\text{m}$ 厚的氧化锌层。标有 P1、P2 和 P3 的区域给出了单片串联连接的结构图案。^[3]

它只足够隔离导电的氧化锌层。刻划的图案通常每 5mm 重复一次，导致大量无法产生电能的无用区域。

对于集成互连的结构加工，P1 层通常基于纳秒激光烧蚀，而 P2 层和 P3 层通常基于机械刻划。这两种方法都会由于热效应和机械力对薄膜造成损伤。P1 层加工主要用重复频率约为 100kHz、加工速率为每秒几米的工艺实现。不幸的是，该过程通常会引入一些损伤。^[4,5]

对于 P2 层和 P3 层，任务更加复杂，因为必须在一层膜层的顶部构建另一层薄膜。纳秒激光加工通常具有微米级的热扩散长度，使得 P2 层和 P3 层缺乏选择性。^[6] 因此，P2 层和 P3 层通常采用机械刻划的方法加工，通过削去钼层顶部的 CIS 或 CIS/ZnO 层，产生 $50\sim 70\mu\text{m}$ 宽的沟槽。构造线并不规则，导致 $150\sim 250\mu\text{m}$ 的较大安全距离。此外，机械工艺的加工速度有限，约为 1m/s，并且刻划针的使用寿命也有限。

为了寻找合适的激光工艺取代机械刻划，科学界和工业界都付出了巨大努力。慕尼黑应用科技大学激光中心已经成功地在 $300 \times 300\text{mm}^2$ 的样品上实现了所有的三种图案的激光加工（见图 2），其使用的是奥地利 High Q



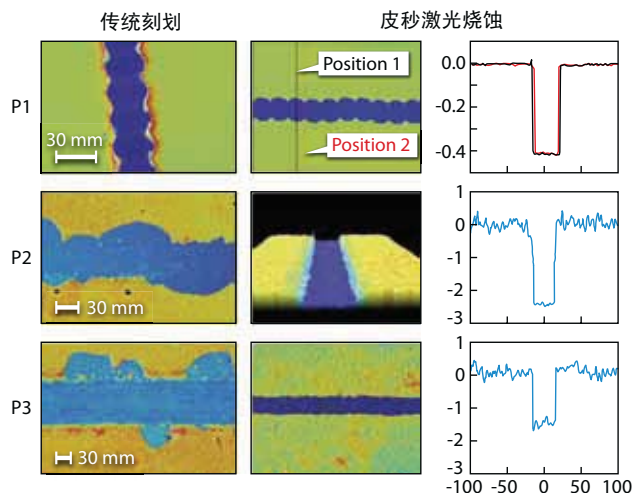


图2: CIS薄膜单片串联刻划结构比较, 图中从上到下所示为P1、P2和P3层。左侧图像是利用纳秒激光(P1)和机械刻划(P2和P3)加工所实现的线型; 右侧图像是利用皮秒激光脉冲刻划所实现的线型。P1层是从玻璃侧进行构造的。激光刻划的典型宽度为30 μm, 与宽度为50~70 μm的机械刻划相比, 它几乎没有可见的损伤、裂纹和毛刺, 线间所需的安全距离为150~250 μm。^[7]

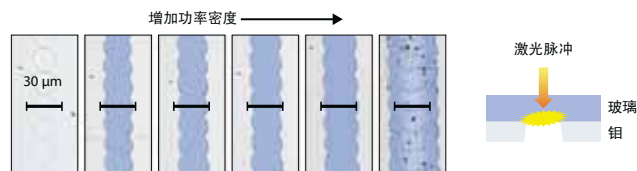


图3: 从玻璃侧在钼层中刻划的P1图案(右图为示意图), 刻划速度为15m/s, 所使用的功率密度逐渐增加(显微图像为前照明和背照明)。淡蓝色的区域对应暴露的缓冲层。黑色条的宽度为30 μm。^[8]

Laser 公司的波长 1064nm、脉宽约 10ps、重复频率高达 950kHz、最大功率 30W 的 picoREGEN 超快激光器。

P1层加工

通过从玻璃侧辐照金属层可以实现钼的电隔离(见图3)。这种剥离工艺基于直接诱导激光烧蚀, 能够非常高效地利用激光能量, 从而实现高速刻划加工。^[9] 刻划沟槽的激光重复频率高达 950kHz, 加工速度高达 15m/s, 当然这个速度受扫描系统速度的限制。

拉丝塔光栅技术

图 10 是光纤在拉丝的时候, 直接在纤芯中写入光纤布拉格光栅(FBG)的工艺过程示意图。工艺过程开始, 是一根具有光敏性的光纤预制棒。通过对预制棒进行加热, 光纤的拉丝和成型就开始了。在后面的制造工序中, 用一台具有窄线宽、高时间相干性的 248nm 准分子激光器垂直照射光纤。

每块电池与相邻电池之间的电隔、并且不损伤氮化硅阻挡层的要求决定了加工窗口。光学显微镜图像显示, 随着功率密度的增加逐渐刻出了沟槽; 在某些情况下, 由于功率密度太低而无法去除钼。但是如果功率密度过高, 在背照明下可以看到钼电极下缓冲层中的损伤。

P2层刻划

P2 层划线必须在 n 型导电 ZnO 层和钼 p 型接触之间实现高导电性接触。与 P1 层加工基于单脉冲烧蚀不同, P2 层沟槽是以较高的脉冲重叠进行多脉冲烧蚀进行刻划的, 这也相应地降低了加工速度。1064nm、10ps 的单脉冲激光通常可以烧蚀厚度为 100nm 左右的 CIS 层。这里所面临的挑战是找到一种脉冲能量和激光脉冲数量的合适组合, 作用于某个位置以选择性烧蚀 CIS 到钼层, 并且要避免损伤钼层或在沟槽中残留 CIS。

利用 10ps 的激光脉冲进行 CIS 烧蚀的实测阈值为 0.1J/cm², 但该值在很大程度上取决于吸收层的具体成分, 而该成分会随所使用的加工过程而发生改变。实践表明, 利用 950kHz 的重复频率和 4m/s 的加工速度, 能够在不造成热损伤的情况下实现刻划。此外, 与机械刻划出的 P2 沟槽相比, 激光刻划的钼与 ZnO 的电接触性能显著提高。

P3层刻划

利用超短激光脉冲刻划的 P3 层图案, 有利于仅分离导电的 ZnO 层。就像从玻璃侧刻划 P1 层图案一样, P3 层刻划也是一种低脉冲重叠、且没有单脉冲间相互作用的诱导激光烧蚀加工。该加工实现了 15m/s 的刻划速度。与 P1 相反, 下层的 CIS 层是吸收部分, 而 ZnO 层是透明部分。ZnO 层的激光烧蚀是由下层的 CIS 层间接诱导的。

与单个电池相比, 薄膜太阳能电池模块的效率会由于串联引起的面积损失而有所降低。所有的激光刻划都能减少太阳能模块中的无用区域。就利用传统机械刻划加工 P2 层和 P3 层而言, 由于三个独立图案沟槽的划线宽度和需要的中间宽度, 单片集成太阳能电池模块每个电池的有效区域将减少 100 μm。由于激光刻划避免了沟槽周围产生的裂纹, P1、P2 和 P3 层之间的间距可显著减小, 从而获得更多的有效区域, 并增加了短路电流(见图 4)。

随着有效区域的增加, 以及 P2 层加工过程中钼层和 ZnO 层接触的优化, 激光加工已经比传统加工获得了 15%~20% 的效率提升。2011 年 9 月曾报道, 利用皮秒激光

下转第35页





激光穿孔

丰富高效的激光穿孔解决方案

郭澄若，三菱电机株式会社名古屋制作所；武藤和明，三菱电机自动化（中国）有限公司

目前，在钣金制造行业中，激光加工机以其优越的生产灵活性、极高的板材利用率和加工范围的广泛性，受到了钣金业者的广泛青睐。激光加工机制造厂商也如雨后春笋般不断涌现，为钣金生产提供不同的解决方案。三菱电机在激光加工机方面拥有悠久的历史，多年来其始终致力于不断改善加工机性能、真正解决生产现场的实际问题，脚踏实地地为客户提供合适的解决方法。三菱电机可以根据不同板材、不同板厚、不同加工形状，为用户而提供丰富的穿孔解决方案，实现高质量、高效率的激光加工。

问题的提出

随着人工费、材料费的不断提升以及产品价格的激烈竞争，企业对提高生产效率有了更高要求。提高生产效率，也就是用尽可能短的时间完成尽可能多的生产任务。因此，缩短生产时间就成为各激光加工机厂商极力追求的目标。通常所说的生产时间，可分为加工准备时间和激光加工时间。加工准备时间包括上、下料时间和加工程序准备时间；激光加工时间则包括穿孔时间、切割时间及空走移动时间。这些时间的缩短，有些需要机械性能的提高；有些需要进行软件改进；有些需要在物性及激光切割机理方面进一步深入探究。下面将着重介绍在碳钢中厚板材加工中，三菱电机的eX系列激光加工机提供的穿孔解决方案，希望能为激光加工机操作

者和生产管理者提供有益的借鉴。

激光穿孔原理

激光穿孔的基本原理为：当一定能量的激光束照射在金属板材表面时，除一部分光束被反射以外，其余被金属吸收的能量使金属熔化，形成金属熔融池。而熔融的金属相对金属表面的吸收率增加，能够更多地吸收激光能量，加速金属的熔融。此时适当地控制能量和气压，便能除去熔池内的熔融金属，并不断地加深熔池，直至穿透金属。基于激光穿孔的这种原理，在实际应用中，可以采用脉冲波穿孔和连续波穿孔这两种加工方式，其各自的穿孔过程如图1和图2所示。

脉冲波穿孔原理：用高峰值低占空比的激光束照射被加工物，由于激光照射的时间严格来说是断续的，同时其使用的平均能量比较低，因此被加工材料整体所吸收的热量相对较少。同时，被高峰值激光束照射熔融的金属残渣，也会在激光束不断照射与辅助气体的共同作用之下，被排出所穿孔径。这样的过程不断循序渐进，直至孔径穿透被加工物。图1给出了整个脉冲波穿孔的过程。随着高峰值激光脉冲波的不断照射和辅助气体的吹拂，被加工工件的受热、熔融以及

排出熔渣的状态从图(a)至图(e)清晰地显示出来。从图中可以明显看出，穿孔周围的残热影响较少，在穿孔部位残留的残渣也较少。这样穿出的孔也比较规则，而且尺寸较小，对开始的切割基本不会产生影响。照片1给出了12mm碳钢的穿孔实例。

脉冲波穿孔的特点是工件成功率高，在工件中加工小孔不会对工件产生影响，适合精密加工。另外由于给工件材料输入的融热较少，对切割工件的稳定性有一定帮助。其不足之处是穿孔时间相对较长，对加工效率有一定影响。

连续波穿孔原理：用一定能量的连续波激光束，伴随相应的辅助气体作用于被加工物体，使其大量吸收能量而熔融，达到快速穿透的目的。图2给出了整个连续波穿孔的过程。高能量连续激光照射形成了较大熔融面积，在辅助气体的不断吹拂下，排出熔渣直至穿透被加工物，图(a)至图(c)显示了整个加工过程。从图中可以明显看出，穿孔周围的残热影响较大。这样穿出的孔尺寸也较大，因而在穿孔部位残留的残渣也较多。照片2给出了12mm厚碳钢的穿孔实例。

连续波穿孔的特点是穿孔速度快，加工效率高。其不足之处是由于所穿



图1：脉冲波穿孔过程。



应用天地

Applications



照片1: 脉冲波穿孔的效果, 耗时12s。



照片2: 连续波穿孔的效果, 耗时1s。



照片3: 10mm厚碳钢的高能穿孔, 耗时1s。



照片4: 16mm厚碳钢的高能穿孔, 耗时1.5s。



照片5: 6mm厚碳钢的侧吹穿孔, 耗时0.5s。



照片6: 10mm厚碳钢的侧吹穿孔, 耗时0.8s。



照片7: 16mm厚碳钢的冲击穿孔, 耗时8s。

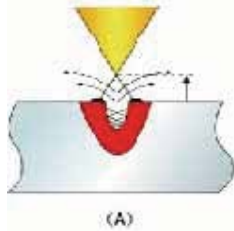


照片8: 22mm厚碳钢的冲击穿孔, 耗时12s。

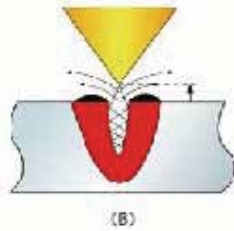
孔径较大, 所排出的熔渣在穿孔处堆积, 有时会对切割产生影响。另外连续波激光输入的融热较大, 如果所加工工件不够大的话, 加工中会出现不稳定情况。因此使用这种穿孔方式不仅要考虑材质, 还要考虑工件形状。

三菱eX系列解决方案

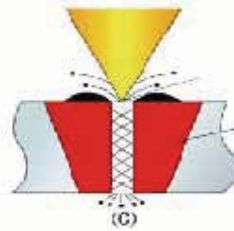
三菱电机的激光加工机在40多年的研发历史中, 对生产实际中用户所关心的问题进行了深入和持续研究, 激光穿孔是其研究的重点之一。



(A)



(B)



(C)

图2: 连续波穿孔过程。

经过长期的研究和实践, 三菱电机的eX系列激光加工机可提供丰富的穿孔方式, 以满足多种加工需求。

(1) 分段斜坡式穿孔

这是基于激光切割的基本原理, 并考虑到尽可能实现所穿孔径小、排出熔渣少的穿孔方式。即: 先以小能量熔化金属表面, 当表面溶化后金属的激光吸收率提高时加大能量, 同时兼顾到熔渣排出时的飞溅状况。这样连续作业, 以达到穿透金属材料的目的。

这种穿孔一般由2~3个加工条件混合形成。所提供的能量按一定规律不断增强, 并以脉冲波的形式作用于金属。正如照片1所示, 虽然穿孔时间较长, 但是所穿出的孔径小, 孔径周围的热影响也较小。

(2) 高能穿孔

这是使用较大的连续波能量作用于金属, 在短时间内实现穿孔目的。金属板材厚度的不同, 决定了所穿孔径的大小和熔渣飞溅的状况。

这种穿孔局限性较大, 通常不宜用于对工件精度要求较高的加工。照片3和照片4给出了不同厚度板材的穿孔状况。

(3) 侧吹穿孔

高能穿孔虽然加工速度快, 但是飞溅和残留的熔渣往往会在切割路径上影响加工头的感应精度, 从而影响加工质量。情况严重时, 还可能对加工头的喷嘴前端造成损坏, 引起报警,

从而影响加工效率。侧吹穿孔则克服了这些可能造成的影响, 其原理是增加了一个高压气体喷嘴, 用于在穿孔的同时将穿孔部位周围的熔渣吹开, 并适当冷却。侧吹穿孔是用于中厚板材高质量、快速穿孔的好方法。照片5和照片6分别显示了在6mm厚和10mm厚碳钢上侧吹穿孔的效果图。从照片中可以看出, 这种方法穿孔厚度10mm以下板材的耗时不超过1s, 加工孔径不超过2mm。

(4) 冲击穿孔

侧吹穿孔极好地解决了中厚板材高质量穿孔的难题。然而对于厚度超过12mm以上的板材, 由于穿孔中所排出的熔渣过多, 穿孔深度太深, 侧吹的方法已经不能很好地排出熔渣、并保持所穿孔径的基本形状。针对此问题, 三菱电机研制出了专门针对于厚板材的冲击穿孔方式。这种穿孔方式是在充分掌握了穿孔时激光作用部位的能量密度与金属熔融相互变化规律的基础上, 使加工机在能量密度控制上随金属熔融而变化, 从而达到快速穿孔的效果。照片7和照片8分别显示了在16mm厚和22mm厚碳钢上冲击穿孔的效果。从照片中可以看出, 这种方法即使在22mm厚的板材上穿孔时, 孔径也不超过1.5mm, 穿孔时间要比斜坡穿孔节省2/3。

在CAD/CAM中指定穿孔方式

由三菱电机自行开发的



图3: CamMagic LA根据材料板厚确定不同的穿孔方式。

CADCAM (CamMagic LA) 软件, 专门配备了用于指定穿孔方式的功能。它自动判别加工形状, 从而能够自动地确定最合适的穿孔方式。

用户只需在使用加工机的初期, 对系统所拥有的经验数据参数进行实际检验及微调, 以保证各种厚度的板材在加工不同形状时, 所应用的不同穿孔方式为有效。经检验过的数据参数被保存为客户数据参数后, 由此 CAD/CAM 编制的加工程序就会自动地选择最为适合的穿孔方式。即使对加工不熟悉的操作者, 也可以方便地区分使用不同的穿孔方式。图 3 给出了对不同材料、板厚和形状所定义的穿孔方式。

结束语

三菱电机 eX 系列激光加工机, 不但具有切割速度快、加工精度高、运行稳定等优点, 而且在满足不同板材厚度、不同加工要求以及不同效率要求方面, 为用户提供了丰富的穿孔选择方案, 使用户能够方便地按照现场实际情况确定不同的穿孔方式, 即使在同一工件中也可以方便地使用不同的穿孔方式, 有效地提高了加工工件的品质和生产效率。□

上接第22页

关的定位精度造成不利影响。在需要的情况下, 可选的自动校准系统 (Superscan-II-AC) 能用于温度补偿。此外, 人们所熟知的以每次漂移测量值为基础的测量原则, 也应用到了激光头中; 进行外部“标准测量”时, 在测量区域确定被反射镜偏转激光光束的位置, 并且同额定值进行比较。内部测量时, 发光二极管通过装在轴上孔板发光, 这样可以借助传感器把精确的实际值同额定值进行对比, 并且在必要的情况下能够做出调整。“按需”自动校准, 即用户能根据应用和特定运转模式的经验数据进行自动校准, 并且在短暂的几秒钟内, 用户就能适应相应的流程和精度。使用自动校准组件可以把长期漂移降低到小于 $50\mu\text{rad}$ 。Raylase 公司开发了校准软件, 并且集成到了 SP-ICE 控制卡的动态链接库中, 在必要的情况下, 会集成到激光系统和偏转组件的 RayLase 标准控制卡的动态链接库中。

反射镜优化技术

通过优化反射镜技术能够进一

步提高 Superscan-II 的性能参数。重量、惯性力矩和刚性决定了可达到的速度值、加速度值和精度值。这其中存在的挑战性在于: 要尽可能在最小的重量条件下, 通过合适的造型和恰当的选择符合反射镜规定尺寸要求的材料, 从而达到最大的刚性以及最优化的惯性力矩。经过大量的 FEM 运算以及详细的测试得出的结论是, 用铍金属作为材料 (镀膜)。材料的选择以及经过优化的造型, 明显减轻了重量, 特别是采用反射镜和支架一体加工工艺, 效果更为明显。集成支架结构不仅将支架的重量降到了最低, 而且还规避了对刚性和精度有负面影响的胶粘剂技术。

利用反射镜优化技术后, 获得的功率也有了明显提升, 总功率增益约达到了 50%~60%。测量显示, 反射镜可达到的最终速度增加了 30%。此外, 使用 SiC 铍反射镜或者标准铍反射镜, 在短时间内就能达到最终速度: 使用 30mm 孔径的 Superscan-II 在约 $550\mu\text{s}$ 内达到了最终速度; 而使用经过优化的铍反射镜, 仅在约 $430\mu\text{s}$ 内就达到了最终速度。与 Turboscan-30

镜头比较的结果更明显, 这种镜头达到最大速度需要的时间约为 $800\mu\text{s}$ 。

根据应用需求, 这个优点能为用户带来双重好处: 要么可以得到上文所述的速度增益或者加速度增益, 要么在可对比的动态数据条件下使用更大孔径的镜头, 使用大孔径镜头后在有需要的情况下, 对焦点尺寸或者工作幅面大小有正面作用。

结语

Raylase 公司的 SuperScan II 开发了创新型结构方案并且付诸实施。这种外壳结构在提供简单、合适的安装方案的同时, 还较以前的平板技术有明显良好的热控制性。使用可选的水冷温度调节器, 能在持续运转时有效避免传动级过热。同时一种可选的自动校准系统, 保证了在经常更换运转模式条件下的高精度定位。因为具有可选扩展方案的模块化结构, 因此客户能够选择满足自身使用需求的合适的扫描系统。□





激光熔覆

激光熔覆加工系统及其应用案例

Mohammed Naeem, GSI集团JK Lasers公司

激光束产生的高功率热源是表面改性加工的理想之选。激光加热能在工件的材料表面发生局部变化，而其他大部分区域的属性不受影响。激光表面工程技术应用可分为三大领域（见图1）。根据材料表面发生的冶金变化，接下来的加工过程可以分为相变硬化、退火、晶粒细化、上釉以及冲击硬化，以及那些涉及表面化学改性的过程，其通常需要向工件中添加新材料，如合金化与熔覆过程。

非熔化加热，通常也称为热处理，主要是发生固态转变，而金属表面并不熔化。这种方法通过材料表面的吸收率来控制材料对激光能量的吸收量。

通过在这些加热和冷却循环过程中发生的冶金反应，通常可以大大提高材料的机械（硬度、耐磨性、电阻等）与化学（耐腐蚀性等）属性。

熔化加热，即激光釉化、表面均质化、重熔。这种方法能够实现非常快速的加热、熔化和冷却，进而改变材料的表面属性。

添加材料熔化，即熔覆、合金注入，其主要通过向熔化的工件表面中添加额外的材料，来形成一种改性的表面层。

激光熔覆

激光熔覆与激光焊接类似，其将填充材料（粉末或细丝）添加到熔池中，这种方法不但加工速度快，而且热变形小。激光熔覆适用于大多数材料，其能够使一些具有成

表1：用于激光熔覆的高功率（>1kW）激光源

激光源	波长（μm）	光束质量	光束传输
CO ₂ 激光器	10.6	高	反光镜
Nd : YAG 激光器	1.06	低	光纤（0.1~0.6mm）
光纤激光器	1.07	高	光纤（0.05~0.16mm）
直接半导体激光器	0.8~1.0	低	光纤（0.1~0.6mm）

本效益的基础材料大大增强表面耐磨性和牢固性。激光熔覆为受损工件的表面修复和工件的表面形状编辑提供了一种先进方法，同时还能保证最小的工件变形和优化的材料属性。与传统的氩弧焊（气体保护金属极弧焊）相比，激光熔覆不但能减少输入到工件的热量，而且能实现更加精细的晶粒结构，因为更小的稀释区产生更小的热影响区。

激光熔覆的主要优势：

- 输入到基底材料的热量少
- 加工表面光滑，无残留物
- 熔覆材料与基体材料结合提供更好的冶金属性
- 非常精密的自动化加工过程，粉末厚度范围从0.1mm 到几厘米
- 适用于大多数金属和合金

激光系统

激光熔覆加工通常使用连续激光束实现，目前用于激光熔覆的激光源共有四大类（见表1）。这些高功率连续波激光器具有宽泛的频率调制（脉冲光束）范围，以控制添加物沉积的位置和形状。

短波长的主要优势之一是其能够利用光纤传输光束，能量损失相对较小。光纤传输能够将激光灵活地传输到激光头。因此，Nd : YAG 激光器能够提供较高的功率水平，可以使用机器人操作，是三维加工的理想选择。此外，短波长也能提高金属表面对激光的吸收率。

填充材料

在实际应用中，需根据所加工工件的不同，选择不同

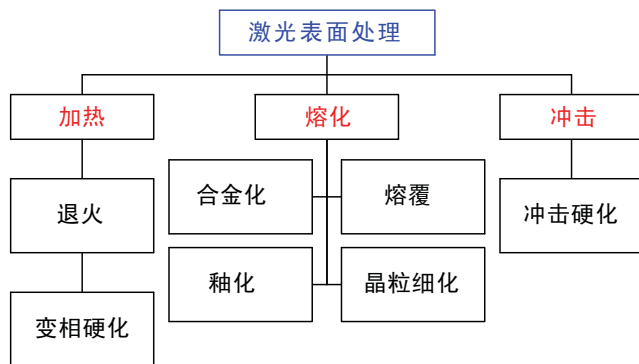


图1：激光表面处理方法。



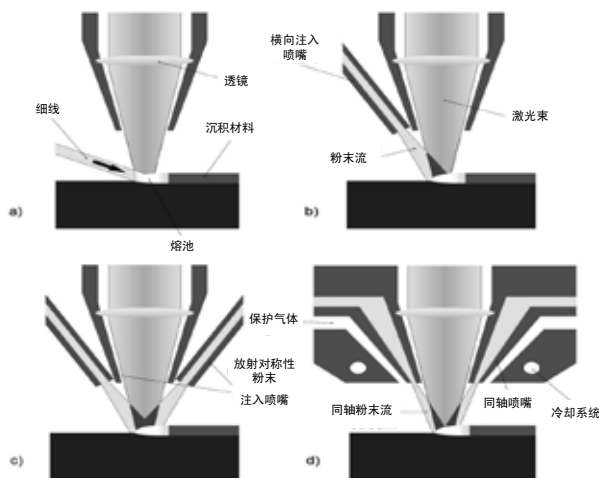


图2: 用于激光熔覆的各种类型的喷嘴。

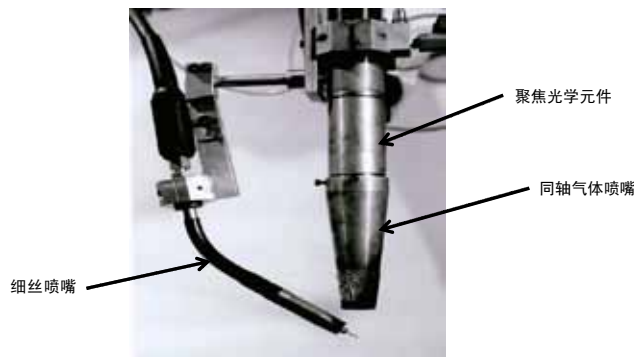


图3: 细丝导入系统建立案例。

的激光熔覆（细线和粉末填充料）系统（见图2）。当然也有各种粉末喷嘴适用于不同的应用。横向喷嘴将粉末横向引入金属池、进入聚焦激光束的路径。横向喷嘴的主要特点：

- 粉末引入角度 $50\sim 80^\circ$
- 小喷嘴射设计（宽 3mm）更易于接近加工工件
- 提供不同的喷嘴类型，如圆形或矩形

激光熔覆过程中使用的第二种类型的喷嘴是同轴喷嘴，这种喷嘴能将粉末与聚焦的激光束同轴引入金属池。同轴喷嘴的主要特点：

- 能够实现 3D 激光熔覆
- 适用于产生较窄的沉积轨道（ $<1\text{mm}$ ）
- 集成气体屏蔽，减少熔覆工件的氧化

细丝导入系统通常通过精密的导向及与机械导入器对准而进入熔池（见图3）。

激光熔覆应用

三激光熔覆广泛应用于汽车、机床、航空航天、医疗、



图4: 增加曲轴的耐磨性（光纤激光器实现）。



图5: 水轮机叶片修复（光纤激光器实现）。

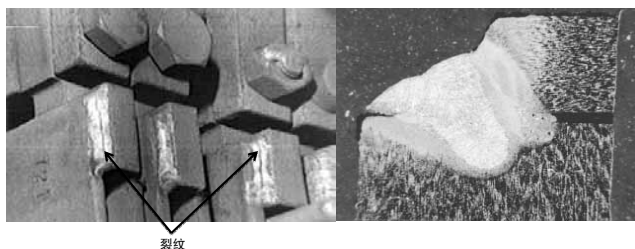


图6: 图中的裂纹是通过添加细线的激光熔覆方式修复的（连续Nd:YAG激光器实现）。

工厂工程等诸多领域。激光熔覆（粉末或细丝）能满足用户对工件的多种需求，例如提高耐磨性和耐腐蚀性、裂纹修复、受损表面修复、加工不合格零件的修复、快速制造等。图 4-6 给出了激光熔覆的一些应用案例。

总结

激光熔覆不但为工件修复提供了新方法，同时还能增强工件表面的耐磨性能。针对激光熔覆应用，JK Lasers 公司提供了一系列低功率和高功率连续波光纤激光器以及灯泵 Nd:YAG 激光器，而且还帮助用户提供加工过程开发工作。□



A & P INSTRUMENT®
科艺仪器
www.anpico.com
专业 · 品质 · 服务

为您提供激光、光学及运动控制 产品及系统的整体解决方案



高质量光学元件



激光测量、光束分析



可调激光器和放大器



太阳能电池测试系统
(IV / QE / IPCE 测试)



高性能光学平台



Oriol 光谱仪器



光源



高速光电探测器



光学机械



精密定位设备



法拉第旋转器 / 隔离器

- 有自由空间型和尾纤型可选
- 可定制不同功率、有效孔径和不同波长的旋转器 / 隔离器
- 广泛应用于对于返回光极敏感的光学系统中，如多级激光放大器、光参量振荡器、种子注入型激光器等



调整光电探测器

- 使用 PIN 光电二极管和反向偏压
- BNC 或 SMA 的输出接口
- 可与用于光纤尾纤光源的 FC 光纤连接器配合使用
- 适用于各种脉宽测量及分析应用



中红外激光器 (Mid-IR: 3-20μm)



Aries™ 大功率科研用中红外激光器

- 固定波长，中心波长 4.63 μm
- 连续或脉冲操作模式
- 峰值功率可达 2W
- 风冷



Über Tuner™ 宽范围可调谐激光器

- 波长范围 3.2-12.2 μm
- 脉冲操作模式
- 峰值功率可达 400mW
- 线宽 < 1cm-1FWHM



高功率，多波长系列

- 工业领域，如打标、电阻微调等
- 医疗领域，如激光手术等
- 国防领域，如爆炸物检测等



压电促动器，光机械和电动产品



步进压电促动器



XYZ 压电平移台



放大式和预载压电促动器 (APATM & PPA)

科艺仪器为以下品牌提供销售及其服务

产品咨询热线 ☎ 400-886-0017

香港 · HONGKONG
T: (852) 27556578
F: (852) 27554549
info@anp.com.hk

北京 · BEIJING
T: (010) 62074835
F: (010) 62077434
bj@anpico.com

上海 · SHANGHAI
T: (021) 55233800
F: (021) 55233811
sh@anpico.com

广州 · GUANGZHOU
T: (020) 81082921
F: (020) 81083901
gz@anpico.com

深圳 · SHENZHEN
T: (0755) 82202428
F: (0755) 82202438
sz@anpico.com

成都 · CHENGDU
T: (028) 85216348
F: (028) 85242667
cd@anpico.com

武汉 · WUHAN
T: (027) 87591299
F: (027) 87591239
wh@anpico.com

台北 · TAIWAN
T: (886) 229531646
F: (886) 229539863
tw@anp.com.hk

新加坡 · SINGAPORE
T: (65) 62413359
F: (65) 90900909
sg@anp.com.hk



激光美容市场蕴育潜力 科医人引领潮流

——科医人官方微博上线发布暨激光美容新技术、新进展交流会后记

Rossie

自从1960年世界上第一台激光器诞生以来，人类便开始了将激光技术用于医疗美容领域的探索。经历了50多年的发展，激光技术已经广泛应用于除疤、祛斑、除皱、脱毛、嫩肤等皮肤美容领域。特别是最近几年，随着人们对美的追求日趋高涨，激光美容市场呈现出了可喜的发展势头。

来自 Medical Insight 公司的调研数据显示，2011-2016年，全球医疗美容市场有望实现10.8%的年均增长率；尽管北美依然是最大的市场，但亚洲市场的增长尤为强劲，预计2011-2016年将实现13.8%的年均增长率，其中中国市场又是亚洲的关键市场。另据市场调研公司 iDate Research 的报告显示，2011年中国美容市场达7亿美元，激光美容市场占据大部分市场份额，而这其中激光脱毛市场又占据了半壁江山。

市场呈现出的发展潜力对激光美容设备厂商无疑是很大的利好。作为业内领先的激光美容设备厂商，科医人激光医疗公司始终潜心耕耘，锲而不舍，不断开拓创新，以提供更好的激光医疗美容产品与服务，真正美化人们的生活。

创新技术与优质服务引领行业潮流

自进入中国市场之初，科医人就致力于将世界最先进、最前沿的激光技术引入中国，引领行业发展



左起：科医人亚太区总裁翟琪瑛先生、美国“医学美容大使”Michael Gold教授、科医人美容事业部市场总监张敬女士、科医人美容事业部总经理陈卫东先生。

潮流。经过了多年的逐步发展壮大，目前科医人的激光美容产品已经得到中国用户和消费者的广泛使用与认可，在市场中处于领先之列。

能够在市场中赢得领先优势，与技术方面的优势密不可分，特别是对于涉及激光技术的高科技行业而言。科医人非常重视在新产品研发领域的投入，并拥有强大的自主研发体系，同时还与美国哈佛大学和斯坦福大学这样的全球顶级学府保持着密切合作，这无疑对于其技术研发与创新起到了重要的促进作用。目前，科医人的 LightSheer 半导体激光脱毛设备已经成为整个行业的金标准，其月光真空脱毛设备能够更快速、更安全、更舒适地去除毛发，是目前最受市场欢迎的产品；而其超脉冲点阵王产品在除皱嫩肤方面，

更是赢得了国际医学美容界“给我六天，还您六年”的完美诠释。

在临床治疗方面，科医人与一些大型医疗机构、著名临床医生建立紧密的合作关系，坚持理论研究与临床实践之间的积极互动，在不断完善产品治疗效果的同时，也会拓展出一些新的临床适应症。

在中国，科医人也一直非常重视临床与学术研究，与全国的皮肤科医师开展合作，并设有科医人科研基金，每年资助相应的科研项目，以致力于在中国摸索出一整套适合中国人的美容治疗产品。以上这些都是科医人的产品能够经久不衰、勇立潮头的关键因素。

除了技术方面的优势外，科医人还为用户提供很多增值服务。首先是为用户提供专业的产品培训。科





医人公司拥有专业的用户培训团队，他们都拥有专业医学背景和临床经验，并在科医人公司内部接受了严格的业务培训与考核，然后再去培训用户，以便用户能够快速掌握产品的使用。

其次，科医人还对客户使用产品的过程进行全程跟踪，及时了解并解决用户在使用过程中遇到的问题，协助用户更好地将先进的激光美容技术应用于更多的消费者群体中，让更多人受益。

此外，科医人每年都会定期举行学术交流会和研讨会，邀请业内专家进行技术演讲甚至治疗演示，为专业医师和消费者提供了一个面对面的交流平台。

另外更值得一提的是，科医人紧跟目前社交网络风靡的大趋势，专门推出了激光美容官方微博。对于爱美的帅哥美女们而言，又多了一个了解美容信息的好去处。

激光美容官方微博上线

随着社交媒体在全球范围内的蓬勃发展，目前微博已经成为国内网民传播信息、获取信息和分享信息的快速、有效平台。随着激光美容受到消费者的日益青睐，@科医人激光美容 (<http://weibo.com/lumenisaes>) 官方微博落户新浪微博，并已于2012年5月19日正式上线。该微博上线后，将以轻松活泼的方式传递先进的激光美容技术和产品信息，汇总全球权威专家的临床实践经验，将激光美容的新信息、新概念第一时间带到广大消费者面前，拉近科医人与客户和消费者的距离，为更多爱美人士带来福音。

科医人公司亚太区总裁翟琪瑛表示：“非常高兴科医人激光美容官方微博正式上线，通过这个平台，将提供科医人领先的激光美容技术以及在中国以及亚太区的创新发展等最新资讯，希望大家给予更多关注。”

在此次新闻发布会上，科医人还邀请到了来自美国的“医学美容大使”Michael Gold教授亲临助阵。

Gold教授备受全球同行的推崇和尊敬，他在皮肤科和皮肤外科、美容皮肤科、医学美容服务和临床研究等领域做出了杰出的贡献。他以全方位的皮肤科与医学美容专业技

能，并运用当今最领先的美容科技，为无数爱美人士带来了美丽与快乐。Gold教授一直活跃于激光皮肤美容外科国际学术交流的最前沿，他的足迹遍布世界各地，除了美国本土和加拿大外，还远赴欧洲、亚洲和南美州进行讲学与学术交流。他共发表了160多篇科研论文，教科书8部，是光动力疗法新教材的主编。Gold教授还是国际皮肤病外科学会秘书长和美国光动力疗法学会的主要负责人。

在发布会上，Gold教授介绍了全球激光美容技术的最新发展趋势，并重点介绍了科医人的LightSheer Duet月光真空无痛快速脱毛设备、M22王者之心OPT光子嫩肤设备和UltraPulse® Encore™超脉冲CO₂点阵换肤设备这三大产品的技术优势以及大量的临床治疗效果。

市场状况及发展趋势

针对未来激光美容市场的发展，Gold教授表示，未来非手术性治疗会越来越受欢迎，并且会成为未来快速增长的市场之一。对于激光脱毛、除疤、祛斑、嫩肤等技术，目前都已经比较成熟，而且在疗效和安全性方面也都达到了不错的效果。未来将会出现针对减肥治疗方面的新技术，主要是继续改进其治疗的安全性。

激光美容已经日益赢得了全球消费者的认可与青睐。当然，该市场受经济环境的影响也较大，消费者的收入水平对该市场的发展起着很大的决定作用。目前欧美经济的衰退已经影响到了很多行业在全球的发展。问及科医人的激光美容业务在亚太市场是否受到了欧美经济疲





软的拖累，科医人美容事业部总经理陈卫东先生表示，亚太市场受到的影响并不大，相反美容机构的开设越来越多，消费者的数量也在增长。但是在该市场中存在的一个较大的问题是：对于新进入激光美容市场的美容机构而言，如何在短期内赢得消费者的认可。现在的消费者愈来愈重视疗效和安全性，对于运用激光这种相对较新的技术进行治疗，很多消费者还会对激光治疗本身或医师的操作水平心存疑虑甚至是恐惧。从这点来看，针对用户的产品培训、帮助消费者客观地了解激光治疗方面的信息以及正确引导消费，已经成为促进市场发展的一个不容忽视的重要环节。

中国市场拥有巨大的激光美容消费能力和消费潜力，并且未来几年内中国市场的发展将会超越欧美，陈卫

东先生表示。从应用方面来讲，中国市场与欧美在技术上是同步的。当然，中国市场针对面部美容和脱毛的应用会更多些。针对这种状况，未来便携式的家用激光美容设备（如用于脱毛、除皱等）将有望成为一大发展趋势。

市场策略

毋庸置疑，激光美容事业部已经成为科医人整个公司中最重要的事业部之一。科医人非常重视亚太市场，目前已经成为亚太激光美容市场的领头羊，中国市场更是占据了亚太市场中半数以上的市场份额。谈及科医人未来在中国市场的发展策略，陈卫东先生表示，未来科医人将会着重发展以下四大方面：第一、激光治疗系统的发展；第二、激光美容技术的发展，如瘦身、生发等；第三、生活美容产品的发展；第四、

便携式家用激光美容设备的发展。

面对亚太特别是中国市场可喜的发展潜力，陈先生还透露，未来科医人会将整个研发中心逐渐迁移到中国。目前科医人已经在中国设立了眼科治疗研发中心，接下来将会考虑将激光美容研发中心也搬到中国。其对中国市场的重视可见一斑。

以创新的技术造福于人们的健康，美化人们的生活是科医人的企业宗旨。秉承着这样的宗旨，科医人在全球进行了大量的公益行为，包括四次到汶川治疗因地震留下疤痕的儿童。对此，科医人美容事业部市场总监张敏女士表示，科医人会一如既往地致力于将先进的激光技术应用于临床，帮助需要帮助的人们。这既是科医人在技术、市场方面的优势，也是作为一个领军企业的行业责任。□

上接第26页

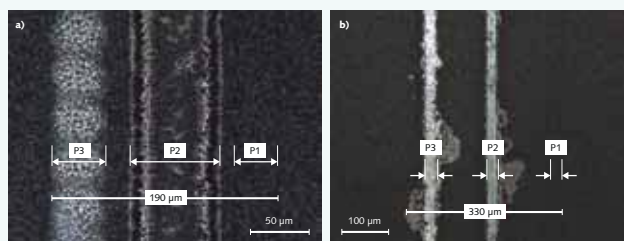


图4：效率为14.7%的模块的刻划沟槽的光学显微照片（a），与之前使用纳秒激光加工P1、机械加工P2和P3层效果（b）的对比。^[11]

加工 P1 和 P2 层，CIS 模块获得了 15.8% 的效率记录。□

参考文献

1. "EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015"; www.epia.org/publications/epiapublications.html.
2. M.A. Green et al., Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 19, 5, 565–72 (August 2011).
3. G. Heise et al., Appl. Phys. A: Mat. Sci. and Processing, 104,1, 387–393 (2011).

4. V. Probst et al., Solar Energy Mat. and Solar Cells, 90, 18–19, 3115–3123 (2006).
5. B. Dimmler et al., Conf. Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conf., Lake Buena Vista, FL, 189–194 (2005).
6. A.D. Compaan et al., Opt. and Lasers in Eng., 34, 1, 15–45 (2000).
7. G. Heise et al., Progress in Photovoltaics: Research and Applications online, (2012); doi:10.1002/pip.1261, or <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pip.1261/abstract>.
8. G. Heise et al., Applied Phys. A, 102, 1, 173–178 (2011).
9. G. Heise et al., Physics Procedia, 12, B, 149–155 (2011).
10. T. Dalibor et al., 26th European Photovoltaic Solar Energy Conf. and Exhibition, paper 3CO.2.1, Hamburg, Germany, 2407–2411 (2011).
11. H. Vogt et al., 26th EUPVSEC, Hamburg, Germany, paper 3DV.2.9 (2011).





通快携手伏能士成立激光复合焊接实验室

本刊记者

由通快与专注于焊接技术的伏能士公司联合组建的“通快-伏能士激光复合焊接实验室”近日在通快公司的江苏太仓厂举行了开幕日。活动当天，通快公司带领与会者参观了其太仓公司及激光复合焊接现场演示，同时还准备了几场精彩的专家讲座。

来自通快的 Marco Holzer 和 Franz Lehleuter 讲述了高功率激光器、激光焊接以及激光复合焊接。来自伏能士的 Eberhard 和 Kammerhuber 先生介绍了激光复合焊接及其在造船行业中的应用。Graebener 公司的 Kapp 先生也针对激光复合焊接系统在造船行业中应用做了主题演讲。

激光复合焊接，完美地结合了激光焊接和气体保护焊接两种工艺，从而实现更加优化的加工过程。与传统焊接相比，激光焊接具有热变形小、深熔焊、强度高、焊接速度快等优势；气体保护焊因为使用填丝焊接，因此具有焊缝余高厚、间隙闭合好的优势。如果将这两种焊接工艺相结合，则具有更加明显的优势：更好的冶金焊接质量、更小的热变形、更好的间隙闭合、可以实现填料焊接，并且铝材料也可获得金相匀称的焊缝。基于此，激光复合焊接应运而生。目前，激光复合焊接已经广泛应用于汽车、造船行业。

在激光复合焊接现场演示中，通快的技术工程师向现场来宾演示了激光复合焊接的实际应用。目前，通快的激光应用中心已经配备了 TruLaser Robot 5020、TruDisk 6602 和伏能士的激光复合头。通快与伏能士能在太仓工厂向客户提供激光复合焊接应用测试、相关部



图1：讲座现场。

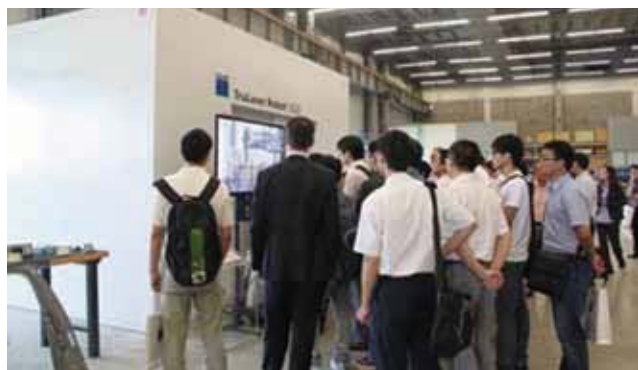


图2：TruLaser Robot 5020现场操作演示。

件及客户工艺培训。

通快（中国）有限公司销售与市场总监 Markus Lindemann 先生表示：“通过这次开放日活动，通快中国激光技术部向客户展示了通快在激光焊接领域的实力。我们相信与伏能士的合作，将为中国客户提供更加独特的服务，特别是在激光复合焊接领域。” □

上接第13页

脉宽若干纳秒)同时聚焦到几毫米大的靶上。与之相比，快点火聚变需要 50kJ、20ps 的脉冲与靶相互作用，其制造精度要求可以适当放宽，并且可以使用价格相对便宜、易于安装的核聚变能源。通过分析粒子以及能量在热密物质中的传输，SCARLET 激光器有助于理解激光

脉冲如何能够以最佳方法点燃激光核聚变靶。

除了用于激光驱动的 X 射线技术以及中子 / 伽玛射线光源等实验外，SCARLET 激光器还将用于产生高能质子，用于研究质子快点火、用于材料诊断的质子照相，以及用于治疗癌症的质子疗法（一种放射疗法）。□





New Products 新品展示

多单管光纤耦合半导体激光器系列

多单管光纤耦合半导体激光器系列产品, 基于炬光科技自主研发的 F-mount 半导体激光器结构, 采用最新的空间光学整形技术研发而成, 光纤芯径 400/440 μm , 功率 10~20W, 波长 808nm 和 9xxnm。该产品采用串联加电的方式, 因此在相同功率下的工作电流较低, 从而降低了对激光器电源的要求。其次, 采用 F-mount 作为内部芯片结构, 提高了产品的可靠性。同时, 采用空间耦合的光学整形技术及特种光纤跳线, 保证了产品的高效率、高稳定性及光斑的均匀性。

该产品特别适合夜视照明、医疗、泵浦等应用。还可根据客户要求定制不同结构、不同功率、不同波长的产品。

西安炬光科技有限公司, www.focuslight.com.cn



TECHSPEC紧凑型仪器成像镜头

TECHSPEC 紧凑型精密仪器成像镜头可提供高图像质量, 各款镜头之间差异小, 并备有宽带增透膜, 可最大限度提高透射率。

这些镜头专为批量集成至医疗分析仪器中而设计, 如台式血液分析仪。镜头具有可调节的锁定对焦, 用户能够在集成到仪器中之前设置镜头的最佳聚焦位置, 无需之后再做调整, 大大节省时间与成本。

这些镜头备有广泛的固定光圈选项, 以最大限度地提高分辨率、光通量以及景深的灵活性, 并且成本低廉, 是批量集成的理想选择。镜头有 17 种不同的光圈档数版本提供, 从 f/1.4 至 f/8, 并提供 16mm、25mm 和 35mm 的焦距。也可根据需要定制不同的 f/# 版本。

爱特蒙特光学, www.edmundoptics.cn



二维光纤激光加工机

ML3015NX-F 二维光纤激光加工机集成了高效率、高质量的光纤激光器, 采用新控制方式和集光性良好的电子束, 缩短加工时间。高效的光纤激光器和低损耗驱动机器, 能降低电耗, 可最大削减 70% 的运转成本。



ML3015NX-F 采用激光输出功率调节器和专用加工头, 实现高品质加工。输出功率可通过电脑稳定控制, 从而减少高速加工过程中材料背面产生的附着物。

ML3015NX-F 运用新轨迹控制, 在高速加工时正确描绘轨迹, 控制高速加工时产生的振动, 实现高精度加工。

三菱电机, www.mitsubishielectric.com.cn

FL020C 光纤激光器

紧凑型光纤激光器 FL 020C 专门针对二维钣金切割领域而设计, 其整机尺寸为 813mm $\times$ 1056mm $\times$ 945mm (L $\times$ W $\times$ H), 输出功率 2kW, 采用芯径 100 μm 的光纤传输, 可以同任何 QBH 接口形式的加工头配合。



FL020C 不但结构紧凑, 同时还保持了 Rofin 在激光器集成控制、工作现场服务便利方面的传统优势。FL020C 带有 Rofin 专业控制器, 在管理激光器的同时, 可以和各种外控装置, 如各类 CNC、PLC、振镜等无缝连接, 为用户专注于自身的工艺开发和功能固化提供一个无拘无束的环境。Rofin 专门为光纤激光器优化设计的半导体泵浦模组, 集智能管理、远程监控、现场可插拔、功率冗余设计于一身, 实现易用、易控、易维护。

Rofin, www.rofin-baasel.com.cn

新款Vivo大功率近红外光源

Vivo 近红外光源是一款用于 360~2,000nm 范围的可见光 - 近红外光谱的袖珍钨卤光源, 灯泡寿命达 2,000 小时。Vivo 可以与海洋光学所有的光谱仪、光纤和取样附件兼容, 可以输出强大的反射光并得出其他测量结果。大功率光源是制药、粮油加工以及食品安全行业近红外分析的理想光源。



Vivo 的四种钨卤光源用于与探测光纤成 90° 角的反射光测量, 且能够自如开关以实现精确控制。与传统方法相比, 强大的灯泡光源输出可以让光谱仪积分时间变得更短, 通过系统设置甚至可实现 1ms 的积分时间。内置的冷却风扇可以降低样品过热的风险, 从而确保测量的准确性。

Vivo 可以安装在海洋光学的 RTL-stage 或遵循其他标准, 以实现更好的稳定性和操控性。

海洋光学, www.OceanOpticsChina.cn





新品展示 New Products

用于高端激光投影机的高功率激光二极管

PL TB450 高功率蓝光激光二极管采用紧凑型 TO56 封装, 输出波长为 450nm, 可精确生成所需蓝光; 在室温条件下, 工作电流为 1.2A 时, 可实现专业投影机所需要的 1.4W 高光功率。特别适用于光通量超过 1000lm 的专业级高端激光投影, 也适用于舞台、装饰照明以及医疗等其他领域。



PL TB450 具有出色的温度特性和使用寿命, 在 40°C 的温度条件下, 最长可连续运行 10,000 小时。激光二极管的长寿命有助于实现低能耗投影机的免维护运行。

欧司朗光电半导体, www.osram-os.cn

用于 0.9~1.7 μm 波长范围的 TECHSPEC SWIR 定焦成像镜头

TECHSPEC SWIR 定焦成像镜头, 专门设计用于近红外 (SWIR) 波长 0.9~1.7 μm , 镜头备有 25mm 和 50mm 焦距可供选择。50mm 焦距镜头备有 C 接口、F 接口以及 M42 x 1.0mm 选项, 便于在广泛的 SWIR 相机上使用。镜头具有 800nm~1.8 μm 的宽带增透膜, 能优化透射率。SWIR 定焦成像镜头均具有低 f/#, 以提供高通量和卓越的性能。



SWIR 定焦镜头设计用于覆盖 25mm 的大型传感器, 是检测、排序和质量控制等应用的理想解决方案。镜头装配采用的玻璃均可实现为 SWIR 光谱优化的设计。

爱特蒙特光学, www.edmundoptics.cn

超高速智能光谱仪

Exemplar 是一款全新的采用多项突破性技术的超高速、智能型光谱仪。其内置自动运算处理器, 其实现的自动运算功能包括: 自动求平均值、自动光谱平滑及自动噪声扣除, 这些均不需要任何额外的手动操作, 自动显示最终结果。



Exemplar 采用 USB 3.0 接口, 数据传输更稳定, 速度

更快, 最高可达 900 谱/秒。同时, 它支持多达 16 个的多通道同步传输功能, 具有超低的、仅 14ns 的触发延迟时间, 通道时间偏差 $\pm 1\text{ns}$ 。

Exemplar 能将 CCD 检测器曝光时间控制在 1ms 之内, 使得客户能控制光谱仪的信噪比。它还内置了温度控制系统。Exemplar 是紫外、可见、近红外光谱应用的理想选择, 光谱范围 200~1050nm, 光谱分辨率 0.5~4.0nm。

必达泰克公司, www.bwtek.cn

500W@800 μm 准连续水冷光纤耦合叠阵

德国 DILAS 最新推出的光纤耦合水冷叠阵系列, 有 808nm、940nm 以及 976nm 三种波长可选, 采用芯径 800 μm 、数值孔径 0.22 的光纤输出, 最大输出功率达 500W, 耦合效率非常高。在 QCW 运行模式下, 占空比为 30%。



还可根据客户需求定制波长。

这些光纤耦合水冷叠阵是激光脱毛等医疗应用的理想选择。这些叠阵也可集成到系统中, 并通过光纤传送光束到手持设备, 不仅保证手持设备的便携性以及抗震性, 且使手持设备操控起来更为轻便。

DILAS, www.dilas.com.cn

适用于塑料和反光金属雕刻的绿激光打标机

LMV1000G 二极管泵浦高速、高精度激光打标机, 专门面向塑料和反光金属的雕刻与打标应用。该 Nd:YVO₄ 绿激光打标机具备二次谐波产生输出, 利用非线性光学元件在可视光谱范围内发射绿色激光。与 1064nm 波长相比, 绿激光束的焦点直径小 50%, 且能量密度增至四倍, 因而在铜、黄金、碳钢和不锈钢、裸铝和阳极氧化铝、钛金属、丙烯腈二乙烯基二烯树脂 (ABS)、热塑聚碳酸酯、其他塑料及树脂等多种材料上进行高精度打标操作。

LMV1000G 能够制作线宽小至 20 μm 的线条 (甚至可在反光材料和“红色”材料上实现)、最小 100 μm 的字符, 以及单元格大小仅为 20 μm 的数据矩阵码。其可实现多种打标风格, 包括字母数字、标识、图形、条形码、2D 代码, 以及 TrueType 和单笔划字体等。LMV1000G 体积小、寿命长, 能够很好地满足精益制造要求。

Miyachi Unitek, www.miyachiunitek.com



CASTECH®

福晶科技

CIOE

CIOE 2012
DATE: Sep 8-9, 2012

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 传真：86-591-83711593
Http://www.castech.com E-mail:sales@castech.com

www.laserfocusworld.com.cn
广告索引 Advertisers & Web Index

Advertiser	广告商名称	网址	页码
A&P Instruments Co., Ltd.	科艺仪器有限公司	www.anpico.com	32
BWT Beijing Ltd.	北京凯普林光电科技有限公司	www.bwt-bj.com	3
Castech Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	39
CIOE	第14届中国国际光电博览会	www.cioe.cn/optochina.net	IBC
Edmund Optics Singapore Pte Ltd.		www.edmundoptics.com/cage-system	2
II•IV Trading (Suzhou) Co., Ltd.	贰陆进出口 (苏州) 有限公司	www.ii-vi.com.cn	9
Mitsubishi Electric Automation (China) Ltd.	三菱电机自动化 (中国) 有限公司	www.meach.cn	1
Pinnacle Scientific (China) Corporation	顶尖科仪 (中国) 股份有限公司	www.psci.cn	17
Semrock, Inc.		www.semrock.com	4
Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.	深圳市瑞丰恒科技发展有限公司	www.rfhlasertech.com	24
Spectra-Physics, A Newport Corporation Brand		www.newport.com	IFC
Stanford Research Systems		www.thinkSRS.com	5
United Winners Laser Co., Ltd.	深圳市联赢激光股份有限公司	www.uwlaser.com	11

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
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)

Hattery 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, 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

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 Swit-
zerland 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





ufi
Approved
Event



LED EXPO展

SEPTEMBER 6-9, 2012

SHENZHEN CONVENTION & EXHIBITION CENTER • CHINA

2012年9月6-9日 深圳会展中心

CIOE
THE 14TH
CHINA INTERNATIONAL
OPTOELECTRONIC
EXPO
第14届中国国际光电博览会

同期展会 CONCURRENT EVENTS



OPTICAL
COMMUNICATIONS
EXPO
光通信展



LASERS & INFRARED
APPLICATIONS
EXPO
激光红外展



PRECISION
OPTICS
EXPO
精密光学展



ELECTRONICS
EXPO
消费品电子展

中国国际光电博览会组委会

CHINA INTERNATIONAL OPTOELECTRONIC EXPOSITION OFFICE

地址: 深圳市南山区海德三道海岸大厦东座607室 邮编: 518059

Add: Room 607, East Block, Coastal Building, Haide 3rd Road, Nanshan District, Shenzhen, Guangdong, 518059, China

传真(Fax): +86 755 8629 0951

E-Mail: cioe@cioe.cn

电话(Tel): 罗 亚 +86 755 8629 0863

苏 静 +86 755 8629 0454

更多详情请登陆 ■ WWW.CIOE.CN ■ WWW.OPTOCHINA.NET





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

2012年7月 第4期

ISSN: 1617-6817

超高强度激光器:

