



光 学 和 光 电 子 产 业 的 主 导 刊 物

激光世界

LaserFocusWorld[®] China

www.laserfocusworld.com.cn

2011年5月 第3期

ISSN: 1817-6917

高功率半导体激光器： 低数值孔径直接半导体激光器 保持高功率 19

全光纤方法放大激光二极管输出的皮秒激光脉冲 11

在硅上生长纳米柱激光器 12

高功率光纤放大器领军前沿科学应用 13

应用天地

超短脉冲激光提升微加工的速度与效率 21

微型高分辨率光纤光谱仪在等离子体领域的应用 23

激光焊接和电子束焊接：两种焊接技术的并用 25

ACT

PennWell[®]





THE 13TH CHINA INTERNATIONAL OPTOELECTRONIC EXPO

第13届中国国际光电博览会



光通信展

OPTICAL COMMUNICATIONS EXPO



激光红外及应用展

LASERS & INFRARED APPLICATIONS EXPO

SEPTEMBER 6-9, 2011

SHENZHEN CONVENTION & EXHIBITION CENTER • CHINA

2011年9月6-9日 深圳会展中心

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

同期展会 CONCURRENT EVENTS



精密光学展

PRECISION OPTICS EXPO



LED展

LED EXPO



电子产品

环球产品采购交易会

同期论坛 CONCURRENT FORUM



中国光学学会2011年学术年会

CHINESE OPTICAL SOCIETY ANNUAL CONFERENCE 2011



中国国际光电高峰论坛

CHINA INTERNATIONAL OPTOELECTRONIC CONFERENCE 2011



中国国际光电博览会办公室

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): 魏珂(Coco Wei) +86 755 8629 0861 / 136 026 01075 / +852 5163 7115

何燕霞(Gooby He) +86 755 8629 0848 / 130 888 45684





www.nlight.net

Pearl[™] Fiber Laser Pump Diodes



Pearl[™]

光纤耦合半导体激光器

特性描述:

1. 小体积, 高功率
2. 带红光指示
3. 极低的工作电流: **<7A**
4. 适合高频脉冲调制—**1MHz**
5. 高的光束耦合效率: **>95%**
6. 总出纤电光转化效率: **50%**
7. 光纤芯径: 200um—600um
8. 光纤耦合输出功率: 20W—600W
9. 典型波长范围: 639nm—2000nm
10. 可维修性、使用成本低

恩耐激光技术(上海)有限公司

公司地址: 中国上海龙东大道3000号张江高科集电港5号楼519室

邮编: 201203

公司总机: +86-021-68799188

公司传真: +86-021-68796188

电子邮箱: marketing@nlight.cn

nLIGHT

恩耐激光

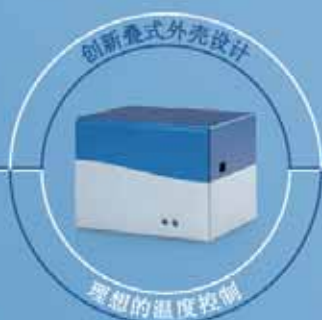




新 两轴激光扫描振镜

专为高端应用的创新设计

SUPERSCAN II



- 模块化的紧凑设计可选择水冷功能
- 自动校准漂移补偿功能
- 最大激光承受功率可达5KW

2011年5月23-26日 | 德国慕尼黑

LASER World of **PHOTONICS**

恭候光临 C2展馆 145展台

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

瑞捷激光技术(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





目录

技术中心

- 11 光纤放大：全光纤方法放大激光二极管输出的皮秒激光脉冲
- 12 硅光子学：在硅上生长纳米柱激光器
- 13 光纤放大器：高功率光纤放大器领军前沿科学应用
- 16 太赫兹探测器：空气桥提高太赫兹探测器的响应时间
- 19 高功率半导体激光器：低数值孔径直接半导体激光器保持高功率

应用天地

- 21 激光微加工：超短脉冲激光提升微加工的速度与效率
- 23 光纤光谱仪：微型高分辨率光纤光谱仪在等离子体领域的应用
- 25 焊接应用：激光焊接和电子束焊接：两种焊接技术的并用
- 28 激光微加工：修整激光脉冲开创更多微加工应用

业界访谈

- 31 依托核心优势 提供优质光谱仪及光谱学解决方案
——访北京爱万提斯科技有限公司总经理张志伟博士

- 7 新闻简讯
- 10 市场观察
- 34 新品展示
- 40 广告索引



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

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

Safari
Books Online

关于《激光世界》

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

请查询本刊专业网站: www.laserfocusworld.com.cn。



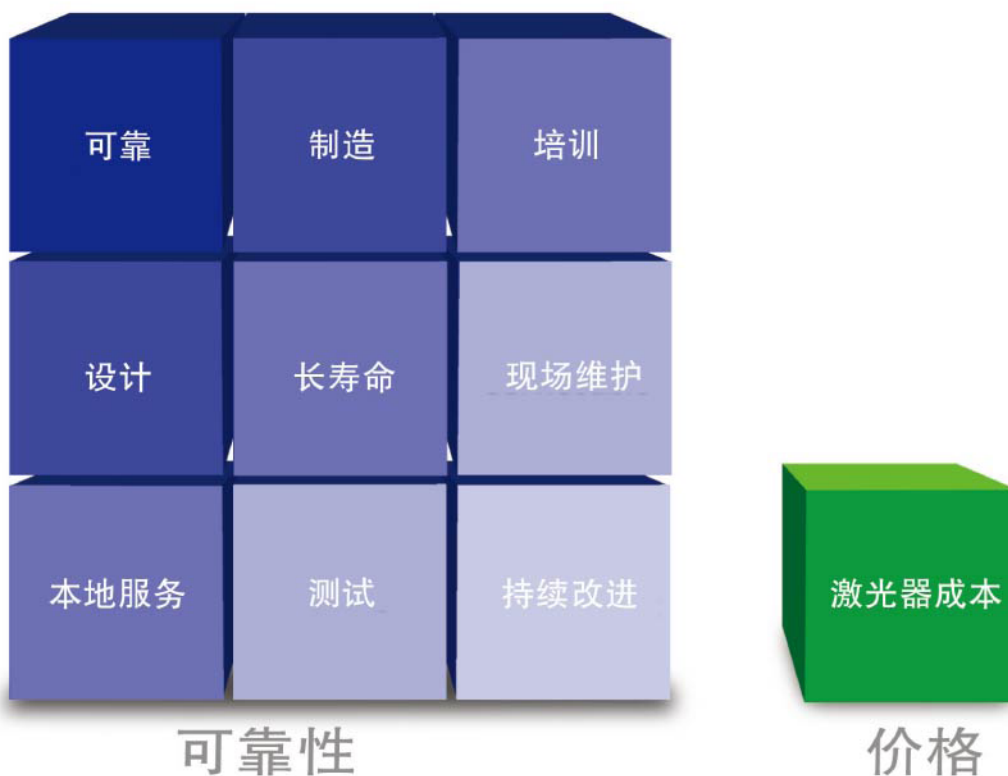
- 介质反射镜
- 金属反射镜
- 激光窗口
- 输出镜
- 保护金反射镜
- 抛光钼基片

应用于
CO2激光、YAG激光、
固体激光、准分子激光

OTF 大恒科技
光学薄膜中心

地址: 北京市丰台科技园区海鹰路7号
邮编: 100070
电话: +86 10 63792962
传真: +86 10 63792951
网址: www.dahengoptics.com
E-mail: sales@dahengoptics.com





可靠性意味着价格更低的价格



Spectra-Physics 最新推出Mosaic™调Q半导体泵浦激光器，专为微机械微电子和太阳能电池应用设计。光伏产业必须达到电网平价，微电子行业要实现更高的性能、更小的封装，这些都是推动低成本、高可靠性的迫切需要。结合可靠性专业知识、应用知识和专有技术，我们开发出一种突破性的新型Mosaic系列激光器。我们将电源、二极管和激光器集成在一个独立、易用的封装内，它具备了Spectra-Physics提供的所有性能和可靠性，成本却相当优惠。

Mosaic具有诸多特点：双倍工作寿命的二极管，更短的脉宽，脉冲能量控制以及激光器生命周期内的数据记录。坚实的Mosaic产品可靠且能实现高产量，价格实惠，带来全新的解决方案。另一项“第一”也来自Spectra-Physics，请访问网站www.newport.com/mosaic或致电+86-10-6267-0065。



©2011 Newport Corporation

Newport. 品牌系列 — Corion® • New Focus™ • Oriel® 仪器 • Richardson Gratings™ • Spectra-Physics®



CONTENTS

激光世界
LaserFocusWorld China
May 2011 Issue 3
www.laserfocusworld.com.cn

Technologies Center

- 11 Fiber Amplification:** All-fiber method amplifies picosecond laser diode output
- 12 Silicon Photonics:** Nanopillar lasers are grown on silicon
- 13 Fiber Amplifiers:** High-power fiber amplifiers enable leading-edge scientific applications
- 16 Terahertz Detectors:** Air bridge improves terahertz detector response time
- 19 High-Power Diode Lasers:** Low-numerical-aperture direct diode laser maintains high power

Applications

- 21 Laser Micromachining:** Faster and more efficient microstructuring
- 23 Fiber Spectrometer:** Applications in plasma area of micro high resolution fiber spectrometer
- 25 Welding Applications:** It takes two: Welding using laser beam with electron beam
- 28 Laser Micromachining:** Micromachining with laser-tailored pulses

Interview

- 31 Based on core advantages providing high quality spectrometers and spectroscopy solutions**
——Interviewed Avantes China's CEO Dr. Zhangzhiwei

- 7 News Breaks**
- 10 Market Place**
- 34 New Products**
- 40 Ad Index**

Please visit our website for more information
更多内容, 请登入

www.laserfocusworld.com.cn



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.



STS Series OEM Microspectrometer

小产品 大作为

50 mm² / 68g



海洋光学最新推出的STS系列光谱仪, 外形尺寸仅为40mmx 42mm x 24 mm (1.6" x 1.7" x 0.9"), 能够轻松满足OEM用户苛刻的体积要求。

STS可提供低杂散光、高信噪比的全范围光谱分析, 并具有同类设备难以达到的约1.5nm(FWHM)波长分辨率。

无论对于诸如LED筛选、吸收、透过率等高亮度应用, 还是不断扩展的光谱传感需求, STS都是非常具有竞争力的选择。



海洋光学亚洲分公司

400-62326-90 | AsiaSales@oceanoptics.com
www.OceanOpticsChina.cn



激光世界 LaserFocusWorld China

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

免费赠阅咨询
电话 (86) 755 2598 8571
传真 (86) 755 2598 8567
电邮 lfwc-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 stellareddt@gmail.com
Photonic Frontiers **Jeff Hecht**
电话 617-965-3834
电邮 jeff@jeffhecht.com
Imaging **Conard Holton**
电话 (1) 603-891-9161
电邮 cholton@pennwell.com
Europe **D. Jason Palmer**
电话 (44) 7960 363308
电邮 djasonpalmer@gmail.com

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



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. Blichini**
财务总监 **Mark Wilmoth**

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

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

ISSN 1817-6917

© 2011 版权所有 翻印必究



LaserFocusWorld



编者的话

Editor's Notes

市场回暖 激光微加工受关注

随着经济环境的回暖，激光行业也在经历了低谷后开始反弹，激光技术在各个领域的应用纷纷呈现出了增长势头，工业领域尤其如此。

据美国制造技术协会（AMT）调查结果显示，2010 年全球工业激光器市场比去年增长了 37%；来自市场研究公司 GCiS 的报告显示，2010 年中国工业激光器市场约比上年增长了 25%，并表示中国的工业激光器市场将迎来一个黄金时代。无论是在全球市场还是中国市场，下游应用产业的发展都正在推动着激光市场的增长，特别是在新能源（太阳能电池制造和 LED 制造）、半导体、电子电路以及医疗器件制造等领域，激光技术的应用非常活跃，这其中激光微加工又是备受关注的一个焦点。

随着各类应用不断提升对加工质量，对微加工的需求越来越多。与放电加工、微模压加工等传统的微加工技术相比，激光微加工能够提供一种冷加工方式，凭借超短激光脉冲的冷烧蚀特性，其不但能实现与传统方法类似的加工精度，而且更具成本效益、更环保，更重要的是，其几乎对所要加工的材料没有任何限制，这无疑潜在地拓展了激光微加工的应用范围。

本期内容中，读者将了解到一种新型光纤激光器架构，其通过微妙地修整输出脉冲随时间的变化，不但能

进一步改善现有的一些微加工过程，并且还有望开创更多新的应用。例如，在 CIGS 薄膜太阳能电池制造中，该技术为 P2 层和 P3 层的划刻开创了一个以前不为人知的窄加工窗口；在 CdTe 太阳能电池划刻中，实现了从玻璃基底上精确地去除 TCO 材料；在硅晶圆切割应用中，通过增加一个能量非常低的预脉冲、进而增加硅晶圆对主脉冲的吸收率，最终提高了硅晶圆的切割速度。这种技术不但对激光微加工的结果产生了深远影响，而且也使我们激光与物质的相互作用过程有了一个更深入、更彻底的理解。

激光微加工日趋受到科研机构、业内厂商以及媒体同人的广泛关注。德国夫琅和费激光技术研究所（Fraunhofer-ILT）已经利用功率为 100W、重复频率为 3MHz 的皮秒激光器，获得了非常精细的结构加工效果。另外，国内的上海光机所、北京工业大学激光工程研究院等也都在积极开展激光微加工方面的研究与实践。而且，国内外的公司和媒体针对激光微加工的主题研讨会也逐渐增多，这也为业内人士提供了更多交流合作的平台，更加有助于推动激光微加工技术的发展与具体应用。激光微加工技术在工业领域的应用会日趋广泛，并最终让我们受益更多。□



News Breaks 新闻简讯

产业新闻

江苏省副省长曹卫星考察锐科公司

4月12日上午,江苏省副省长曹卫星一行在湖北省副省长郭生练、华中科技大学党委书记路钢的陪同下考察了锐科光纤激光公司,就光纤激光器的技术应用和发展前景与公司董事长国家“千人计划”引进人才闫大鹏博士亲切交谈,并饶有兴致地现场观摩了技术演练。曹卫星对锐科公司为国产光纤激光器产业化方面做出的努力和成绩表示肯定。



炬光科技参展第十五届西洽会

西安炬光科技有限公司于4月参加了第十五届东西部合作与投资贸易洽谈会。炬光科技入驻“新兴工业化馆”,充分展示了公司产品及研发实力,赢得与会者的广泛关注。展会期间,国家和地方的多名领导人也相继参观了炬光科技的展台,观看了公司高功率半导体激光器在夜视照明以及新型光源在其他应用产品上的演示。

本届西洽会参会客商超过15万人,展期观众流量70多万人次,是历届西洽会设展规模最大的一届。

东台精机2011年激光打孔机销售额将超4000万美元

台湾东台精机股份有限公司预计,2011年其面向PCB电路板应用的激光打孔机的出货量有望达到70台,而2010年仅出货了两台。

公司预计2011年来自激光打孔机的总销售额有望达到4130~5164万美元,将占据该年度公司总收入的16%;相比之下,2010年激光打孔机的销售额仅占据公司年度总收入的1%。该公司表示,2011年其激光打孔机将有一半将被运到其在中国子公司,随后这些设备将提供给富士康集团的子公司。

第10届International Laser Marketplace大会即将召开

由市场研究公司Optech Consulting和LASER World of PHOTONICS联合主办的为期一天的“The 10th International Laser Marketplace”研讨会,将于2011年5月25日德国慕尼黑国际会议中心召开。

大会涉及的主要议题包括:激光在汽车、光伏制造、航空制造、板材切割等领域的应用;超短脉冲激光器的发展动态及其应用。同时,与会专家还将探讨全球激光市场特点、发展趋势、关注焦点及前景预测;激光行业的投资情况分析;以及俄罗斯、印度、日本和瑞士的激光市场发展情况。

大族激光第一季度净利润同比增长60%

2011年第一季度,大族激光实现净利润6848.89万元,同比增长

EXPERT 系列
紫外激光器

EXPERT355, 355nm(300mw-3w)



EXPERT532, 532nm(1w-6w)

高品质·高可靠·高性价比

工业级高品质固体激光器提供商

主要特性:

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

欢迎到我们公司展位参观:

中国(深圳)国际激光技术装备及产品应用展览会
2011年5月26-28日, 深圳会展中心
展位号码: 2号馆1212

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區M-10二楼

Tel: 0755-86375012, 18928466502, 86375016

Fax: 0755-86028961

E-mail: sales@rfhlaser.com

<http://www.rfhlaser.com>



新闻简讯 News Breaks

60.36%。2011 年第一季度公司实现营业收入 7.28 亿元，同比增 32.57%，每股收益 0.0984 元，同比增 60.52%。

公司称，净利润同比增长的原因是期内收入增幅较大，且收入增幅大于各类成本、费用增幅。公司预计 2011 年上半年净利润同比增长 55%~75%，原因是公司预计上半年延续上年度销售增长态势，各项业务收入增长较快，盈利能力持续增强。

Rofin-Sinar 2011 年第一财季净利上涨 173%

Rofin-Sinar 发布了截止 2011 年 3 月 31 日的 2011 年第二季度财报及六个月财政报告。报告显示，该公司 2011 年第二财季的订单额、销售额及净利润与去年同期相比分别增长了 47%、42% 和 173%。

机床行业的需求尤为强劲，另外软包装和电子市场也对微加工和打标业务起了积极的推动作用。即使因为本季度美元疲软和预期收入确认延迟对净利润产生了负面影响，但 Rofin-Sinar 表示其仍对该财季的业绩非常满意，其完全符合公司的预期。

RIO 公司表示第一季度公司业绩强劲增长

低噪声半导体激光器及其子系统供应商 RIO 公司表示，2011 年第一季度公司产品销售收入比上一季度增长了 33%，其中安全和激光雷达应用领域的增长尤为强劲。该公司表示，尽管全球经济不太景气，但是自从其激光产品线推出以来，仍然实现了第 11 个季度的连续强劲增长。

该公司还宣布，由于其电信级的激光技术、产品设计和严格的质量认证保证体系，保证了公司激光产品超级牢固可靠的质量。

研发动态

中科院半导体所成功研制出全固态黄光激光器

波长在 550~650nm 的黄橙波段激光光源在激光显示、生物医学、高精度光谱学、大气探测、自适应光学等领域都有着广泛且重要的应用。在大气探测领域，利用大气中圈层层顶钠原子对 589nm 黄光的共振荧光散射，可以测量大气中圈层的温度以及风速。在自适应光学系统中，589nm 黄色激光可以用于产生激光钠导星，实时补偿由于大气湍流造成的波前畸变，为地基天文望远镜对外空间天文目标的精确观测提供有力手段。

中科院半导体所全固态光源实验室已研制出 8W 589nm 的全固态黄光激光器，光束质量因子 $M^2 < 4.8$ ，功率稳定性优于 $\pm 3\%$ 。

GE 研发出强大的激光焊接系统

通用电气公司全球研发总部的科学家和工程师们开发了一套高功率激光电弧复合焊接 (HLAW) 系统，其有望彻底改变工业产品的生产方式。

该系统输出功率高达 20kW，只经过一次焊接就能焊接厚度近 1 英寸的钢板，而用现有的焊接技术则要经过 6 次才能焊接如此厚的钢板，这将大幅提升生产速度。通用电气公司正在探索将该技术应用到其基础设施制造方面，包括石油和天然气、发电、航空和铁路等行业。

半导体所成功研制出千赫兹皮秒激光再生放大器

中科院半导体所全固态光源实验室通过高功率皮秒种子激光器的研制，实现了高效、高功率、高光束质量的皮秒种子激光输出；通过高功率、高脉冲能量皮秒激光再生放大器的研制，实现了皮秒激光再生放大系统的整机一体化。采用脉冲泵浦的方式，在 Nd:YAG 激光再生放大器中获得了平均功率大于 1W、重复频率为 1kHz、单脉冲能量大于 1mJ、波长为 1064nm 的高能量皮秒脉冲输出。目前成功的皮秒激光再生放大器已经初步应用于黑硅材料加工实验。



太赫兹辐射产生高峰值功率脉冲

由国外研究人员联合通过一台量子级联激光器 (QCL) 产生了太赫兹辐射脉冲。这是高功率太赫兹辐射源第一次发射单独的脉冲，而不是连续光束。

这项工作为太赫兹辐射在“天然材料和合成材料的成像”方面的应用开辟了新方法。太赫兹时域光谱技术是利用太赫兹脉冲探测材料的一种非常敏感的方法。然而到目前为止，太赫兹脉冲都是通过峰值功率较低（约 1 微瓦）的激光源获得的。

在这项最新研究中，研究人员用一台高功率量子级联激光器（峰值功率几乎是传统光源的 1 万倍）产生了一连串太赫兹脉冲。研究人员还发明了检测完整脉冲串的方法，证实了该技术可用于材料探测领域。





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) • info@ii-vi.com.cn • www.ii-vi.com.cn

II-VI





市场观察 Market Place

2010年全球工业激光器市场适中反弹37%

据美国制造技术协会 (AMT) 调查结果显示, 2010 年全球工业激光设备和系统的总销售额为 3.562 亿美元, 比 2009 年增长 37%; 总销量为 1210 台, 比上年增长了 44.9%。

2010 年, CO₂ 激光器占据了全球工业激光设备和系统总销售额的 88.5%, 事实上该比例自 2009 年以来就几乎一直没变; CO₂ 激光器的销量占据了总出货量的 70.2%。来自 19 家制造商和分销商的报告也显示, 激光器配套设备所占出货的比例与 2008 年相同, 2009 年则稍有下滑。2010 年, 激光器配套设备订单额为 3.092 亿美元。

美国制造技术协会副主席 Patrick McGibbon 指出, 与 2009 年全球工业激光器市场总销售额下跌近 50% 的幅度相比, 2010 年 37% 的销售额增长可以说仅是适中反弹。随着新技术不断涌入市场以及光纤激光器的持续扩展, 2011 年工业激光器市场的行情继续看好。

中国工业激光器市场将继续增长

来自市场研究公司 GCiS 的研究报告显示, 2010 年中国工业激光器市场约比上年增长 25%, 总销售额为 110 亿元 (约合 16 亿美元)。用户友好性的提升、应用的增长以及下游产业 (如光伏行业) 的发展等诸多因素, 都在共同驱动中国工业激光器市场的增长。

由于目前中国本土供应商提供的激光器产品大多性能较低, 因此相对高端的固体激光器在中国市场较为畅销。另外, 中国市场对气体激光器的需求也在显著增长, 而这其中 CO₂ 激光器又占据了绝大部分市场。

但是也有观点表示, 产能过剩将会抑制中国工业激光器市场的进一步增长。尽管激光器的使用将有助于减少批量生产的停机时间, 但是目前中国的很多工厂都有 20%~30% 的产能空闲, 并且生产制造也不受时间和空间的限制, 因此他们尚且没有合理的理由花几十万人民币去购买一台激光器。此外, 激光器相对较高的售价也在一定程度上限制了一些用户的购买欲。

然而毋庸置疑的是, 激光技术正在将更高的质量和更高的精度带进工业市场, 并且有助于中国本土制造商的成长。GciS 采访到的一家激光器供应商表示: “在中国, 我们正在进入工业激光器的一个黄金时代。”

2010年全球光学元件市场增长35%

来自市场研究公司 Ovum 的研究报告显示, 2010 年

全球光学元件市场比上年增长 35%, 总体规模达 56 亿美元, 创下了近 10 年来的历史最高水平。不过 Ovum 预计, 2011 年全球光学元件市场的增长将会放缓。

Ovum 公司首席分析师 Darryl Inniss 表示: “2010 年光学元件市场比上年大幅增长 35%, 这是自电信泡沫经济年代以来最好的表现。预测 2011 年全球光学元件市场将会持续增长, 但是增长速度将会放缓。”

光学元件市场在 2010 年最后一季度连续增长了 5%, 创下连续七个季度的增长。从市场分类来看, 可重构光分插复用器 (ROADM) 与滤光器、长途传输设备与离散传输产品正在引领光学元件市场的成长。

ROADM 与滤光器是光学元件市场中成长最快的领域: 2010 年该部分市场比上年增长 46%, 总销售收入为 9 亿美元, 2010 年第四季的收入为 2.6 亿美元, 并实现了 10% 的连续增长, 其增速远高于光学元件市场 5% 的平均增长速度。Ovum 公司对这部分市场的前景非常乐观, 因为 ROADM 是所有传输网路的核心。

2010 年第四季很多光学元件制造商在业绩上都有着不俗的表现, 其中 JDSU 公司无论在总收入和增长幅度方面, 都可算是业内的佼佼者, 相较于去年同季, JDSU 的市场占有率也增加了 0.6%。

2010年我国激光医疗器械市场规模超29亿元

来自市场研究公司驰昂咨询 (Siontes) 的最新报告显示, 2010 年我国激光医疗器械市场增长迅速, 其整体市场规模为 29.1 亿元, 同比增长了 21.3%。该市场的增长, 主要是由于最近几年激光医疗技术在中国的迅速普及, 以及政府对医疗基础设施投入的增加。

表: 2010年我国激光医疗器械市场规模

产品类型	销售额(亿元)	市场份额
激光手术治疗设备	16.8	57.6%
激光美容设备	6.8	23.2%
激光诊断分析仪器	2.8	9.6%
其他	2.8	9.6%

在仪器类型方面, 除了激光手术治疗设备占有近 60% 的市场份额外, 激光美容设备与激光诊断分析仪器所占据的市场份额分别为 23.2% 与 9.6%, 均比 2009 年有所增加。□





光纤放大

全光纤方法放大激光二极管输出皮秒激光脉冲

Gail Overton

德国汉诺威激光中心利用增益开关激光二极管作为种子和全光纤放大器系统，获得了目前最高的脉冲能量输出：峰值功率为 270kW，重复频率为 1MHz。^[1] 尽管有其他的研究小组利用全光纤技术对亚 100ps 增益开关激光二极管的输出进行放大，但是获得的典型输出功率

率为几百瓦、重复频率为几十兆赫兹。此外，以前的研究并没有仔细考虑光纤放大器带来的自发辐射噪声，其将影响信号放大效率并且会引入一个连续的背景噪声。

三级光纤放大

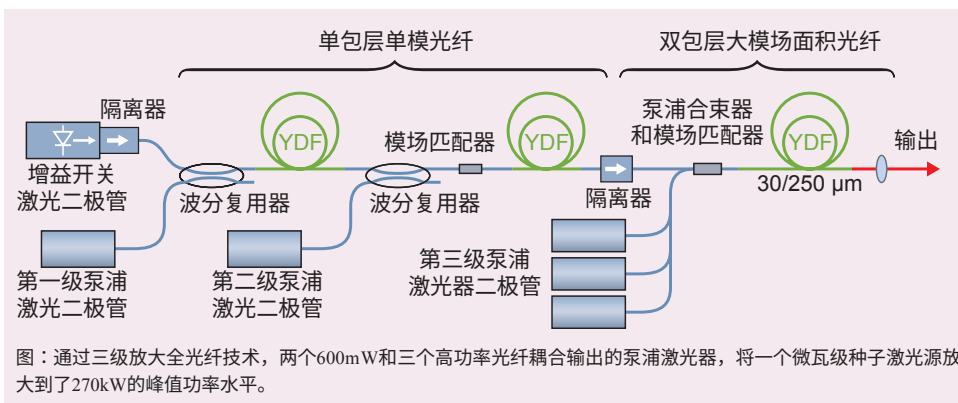
在三级光纤掺镱光纤放大器装置中，包含一台由德国 PicoQuant 公司提供的光纤耦合输出低功率增益开关激光二极管 (20μW、1MHz；如图)。种子激光输出波长为 1040nm，脉宽为 37ps，带宽为 20nm。通过调节驱动电路，可以将脉冲重复频率控制在 31.25kHz~80MHz 之间。为了降低非线性效应，比如受激拉曼散射和自相位调制，该装置中采用最大芯径光

纤，以降低光功率密度同时保持单模传输。

第一级和第二级放大使用单一泵浦激光二极管，而第三级放大则使用

通过降低非线性效应以及优化信噪比，在 1MHz 重复频率下，第一级和第二级输出的平均功率为 4mW 和 90.5mW，而且 90.5mW 输出时没有

观测到光谱变形。通过增加输入脉冲能量记录第三级的输出。最高的输出能量为 13μJ，这对应于 14.9W 的平均功率、88% 的信噪



图：通过三级放大全光纤技术，两个600mW和三个高功率光纤耦合输出的泵浦激光器，将一个微瓦级种子激光源放大大到了270kW的峰值功率水平。

了三个组合泵浦激光二极管。在第一级放大器中，平均功率为 600mW 的 976nm 泵浦激光二极管和种子激光源通过波分复用器连接到 60cm 长、模场直径为 4.4μm 的单包层掺镱光纤中。第一级放大的输出和第二个泵浦激光二极管通过波分复用器组合后，再利用一个自制的模场匹配器耦合到 80cm 长、模场直径为 10μm 的掺镱光纤中，其中模场匹配器保证了 4.4μm 到 10μm 模场直径之间的高效耦合。第三级放大器中的三个泵浦激光二极管通过一个多模泵浦合束器进行并束，然后再通过一个模场匹配器耦合到一个 2.5m 长的双包层大模场面积（模场直径为 30μm）掺镱光纤中。

比和 270kW 的峰值功率，这是目前获得的基于光纤放大增益开关激光二极管的最高输出。汉诺威激光中心的 Sebastian Kanzelmeyer 表示：“研制全光纤亚 100ps 激光的目的是为了获得紧凑、稳定的多用途光源以用于微机械加工领域，比如雕刻应用和太阳能电池加工应用。亚 100ps 激光因其光源的多功能性和精确的微加工效果而极具发展前景。我们研制的激光系统已经成功用于材料加工领域。”□

参考文献：

1. S. Kanzelmeyer et al., Opt. Exp., 19, 3, 1854–1859 (Jan. 31, 2011).





硅光子学

在硅上生长纳米柱激光器

Jeff Hecht

美国加州大学伯克利分校常瑞华教授课题组成功地在硅上生长出了纳米柱 III-V 族半导体激光器，这一成果为光子学与电子电路的集成提供了新方法。之前，在硅上生长激光器面临的障碍主要来自以下两方面：(1) 硅工艺和 III-V 族半导体工艺处理温度不兼容；(2) 硅晶体和 III-V 族晶体晶格不匹配。常瑞华教授课题组成功地克服了这两项技术难题。

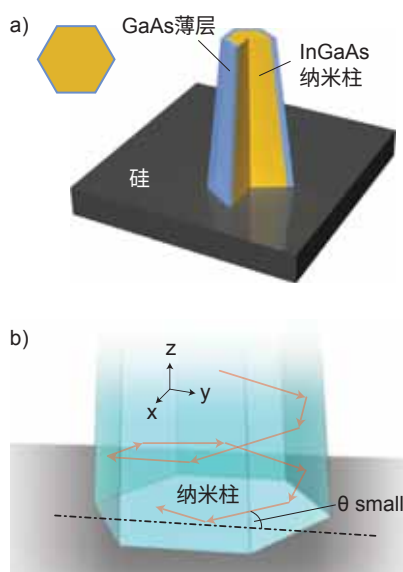
实现激光器和硅基电子器件的集成，对于未来的高性能计算至关重要。芯片上多个处理器内核之间、电路板上多个芯片之间的光互联，可以提供的信号传输速度远远高于电互连。硅可以制成硅波导和硅探测器，但是由于它缺乏直接带隙，因此不能制作硅半导体激光器。目前研究人员正致力于将 III-V 族半导体激光器和硅技术结合起来。

英特尔公司和美国加州大学圣巴巴拉分校已经开发出一种混合激光器，其将含有二极管连接的磷化铟 (InP) 芯片绑定在硅芯片上的波导上。载流子在 InP 连接处复合，产生的光耦合进入硅波导，进而被路由到一个探测器。

常瑞华教授课题组的研究致力于在硅上直接生长砷化镓纳米柱。去年他们曾经报导了在硅上生长铟砷化镓 (InGaAs) LED，现在他们又报导了在硅上生长 InGaAs 纳米柱激光器^[1,2]。

谐振器的螺旋路径

InGaAs 六角纳米柱的底边宽度



图：(a) 一个柱状 InGaAs 激光谐振腔有六个侧面。(b) 激光通过螺旋路径形成谐振腔，最终耦合进入硅衬底。

为 $600\mu\text{m}$ ，底边宽度从底部向顶部以约 5° 角的量呈锥形逐渐变小。另外，InGaAs 表面上还覆盖有一薄层 GaAs。该激光器采用光泵浦方式，泵浦源为掺钛蓝宝石激光器，其输出的波长为 750nm 、脉宽为 120fs 的锁模脉冲从顶部照射纳米柱泵浦激光器。该锥形纳米柱形成了一种新型谐振腔， 950nm 激光被侧面连续反射，沿着螺旋路径射入底面，然后耦合到硅中 (如图)。

常瑞华教授课题组的实验研究表明，激光器可以在硅上生长，这是迈向光互连用激光器的关键一步。但是，要使该技术走向实用化，还有很多工作要做，其中挑战之一是实现芯片光互连所需的电泵浦激光器。目前，该研究小组已经展示了具有内部连接的纳米柱 LED。

目前该项技术面临的另一个挑战是：InGaAs 激光器输出的 950nm 激光在硅中具有较强的传输损耗。磷化基激光器输出的长波长激光在硅中的传输距离远远超出 1100nm 。该研究小组表示，通过优化生长技术以加入更多的铟，可以将激光器的输出波长延长^[3]。

到目前为止，该研究小组只在硅上生长激光器，但实际应用需要在已经具有 CMOS 电路的硅芯片上制备激光器。目前纳米柱的生长温度是 400°C (远低于一般 III-V 族半导体工艺的处理温度)，与 CMOS 工艺的处理温度兼容。

尽管还有许多问题有待解决，但常瑞华教授课题组对此项目仍持乐观态度。在硅上直接生长纳米柱激光器，不但可以提供更小的尺寸，而且能够实现更大的可扩展性，因而特别适合应用在高密度光电子学领域。研究人员预计，未来的电泵浦激光器将在光子学和电子电路的联姻中发挥更大作用。□

参考文献：

1. L.C. Chuang, "InGaAs QW nanopillar light emitting diodes monolithically grown on a Si substrate." 2010 Conference on Lasers and Electro-Optics, paper CMFF6 (OSA, 2010).
2. R. Chen et al., Nature Photon.; doi: 10.1038/NPHOTON.2010.315.
3. M. Moewe et al., Opt. Exp., 17, 7831 (2009).





光纤放大器

高功率光纤放大器领军前沿科学应用

随着高细精度光纤放大器的不断发展，其输出光功率已达到上百瓦量级，使其成为原子捕获、原子冷却以及万有引力波探测等科学应用的有力工具。

Jim Dding, Bryce Samson, Nufern公司；
PEYMAN AHMADI, Ultracold Atoms中心

近几年来，高功率光纤激光器已经逐渐被成为工业材料加工领域的有力工具。现在，高功率光纤激光器正在进军包括医药和科学领域在内的更多市场。高功率光纤激光器能够跻身科学市场的一个关键因素是高精度光纤放大器的发展，目前这种光纤放大器能够输出单频线宽（小于5kHz）、稳定可靠并且光束质量极佳的线偏振光。

在过去的几年中，满足这些规格的光纤放大器系统的输出功率水平从最初的几瓦发展到了如今的几百瓦。输出功率的大幅提高得益于光纤技术的发展，例如受激布里渊散射（SBS）抑制技术在光纤中的应用，以及放大器整体设计的改进。最新一代高精度、高功率光纤放大器的输出功率水平已经超过了商用固体单频激光器，并且由于其在功率水平、稳定可靠性以及优化的性能等方面所具有的优势，高功率光纤放大器目前正在开启新的科学应用。

光纤中的受激布里渊散射问题

长期以来人们一直在研究光纤中的受激布里渊散射，尤其是在电信领域，因为较长的光纤（几十公里）会

导致SBS阈值降低，从而限制了系统能够传输的信号功率。在目前掺杂稀土元素的高功率光纤激光器和放大器中，光纤的长度要短得多——通常只有几米到几十米。因此，SBS阈值就高得多，处于几瓦到几百瓦的范围内。SBS对传输信号的影响结果是背向斯托克斯反射波的迅速增强，并且当输出功率超过SBS阈值时呈指数增强。

提高SBS阈值的一个简单方法是采用所谓的大模场面积（LMA）光纤（如图1）增大光纤芯径以及有效模场。如果将标准电信光纤（通常纤芯

直径约为5~10 μm ）的纤芯直径增加到最新型大模场面积光纤的20 μm 甚至25 μm 纤芯直径，则对于与商用光纤放大器长度相当（5~10m）的光纤，其SBS阈值可以提高至50W以上。加之采用现代光纤以及盘绕和模式匹配等技术来协助保持光束质量，这种大模场面积光纤能够获得接近衍射极限的光束质量，至少纤芯直径不超过25 μm 的光纤^[1-3]能够实现这样的光束质量。此外，还可以制造一系列不同设计参数的保偏大模场面积光纤。有了这种新一代光纤，现在人们便可以将窄线宽偏振光输出放大到很高的功

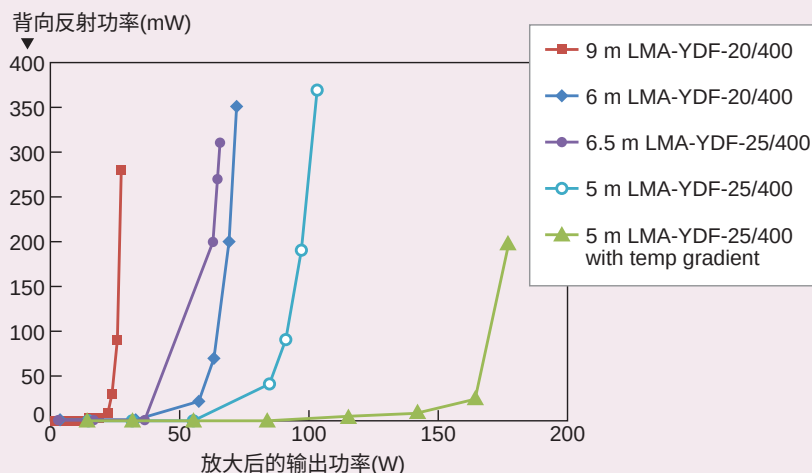


图1：采用纤芯直径为20 μm 甚至25 μm 的大模场面积光纤（其能使单频激光器的最大功率超过50W），可以提高光纤放大器中的SBS阈值。利用温度梯度可以将阈值进一步提高至150W以上。



LIGHT
COLLECTION从这里选择最适合您的
聚光镜吧

复合抛物面聚光镜



TECHSPEC® 异径匀光管

现货供应,
以应用在太阳能以及
检测解决方案方面
加快您产品的
上市时间!OPTO
TAIWAN 2011
TWTC NANGANG
EXHIBITION HALL 1F,
AREA K, Booth K422
14-16th JUNE 2011需要批量价格? 请联系我们
的销售部门, 您可得到一本
免费产品目录!

我们设计, 我们生产, 我们发货.

 Edmund
optics | china+86 (0755) 2967 5435
www.edmundoptics.cn

|| 技术中心 Technologies Center

率水平, 从而满足目前很多前沿科学应用的需求。

原子捕获与冷却

由紧聚焦偏共振激光束产生的光学偶极阱, 最初是为实现中性原子的激光冷却和捕获而提出的。^[4] 由于原子的过度加热导致阱的寿命很短, 因此关于这类光学阱的早期研究工作曾一度饱受困扰。激光强度噪声和指向不稳定性被认为是主要的加热机制。稳定性极高的高功率光纤激光器的出现克服了这些局限, 现在人们已经可以在光学阱中产生并研究量子简并气体。有了新一代光纤放大器, 光学偶极阱已经成为冲锋在超冷原子和分子物理研究前沿的一个必备工具。

光学阱已经广泛应用于诸多研究领域, 其中包括基本对称性、原子频率标准和单原子捕获的检测; 量子简并气体的产生; 以及可升级量子信息处理系统的发展。同时, 另一项技术——由两个对向传输的光学阱形成的光学晶格的应用, 也从高功率、窄线宽光纤激光器的最新发展中受益匪浅, 它允许人们能够以亚波长的精度约束中性原子量子位, 从而将中性原子耦合到某个腔模式, 从而能够研究量子气体中的量子相位跃迁。

在麻省理工学院 - 哈佛大学超冷原子研究中心, 研究人员经常使用光纤放大器捕获量子简并气体, 进而研究相互作用对这些量子团演化过程的影响。在一个关于钾 (K) 原子气体的研究实例中, 研究人员将 ⁴¹K 原子捕获在光学偶极阱中, 并拍摄了其波色 - 爱因斯坦凝聚物的飞行时间照片 (如图 2)。为了形成这个光学阱, 研究人员使用 Nufern 公司的光纤放大器产生功率为 5W、束腰为 150μm 的

激光束。实验中量子团的温度约为 400nK, 其被限制在光学阱中约 2s 之后被成像。为了将加热速率抑制在每秒钟几纳开以下, 这项研究对于捕获激光束的稳定性要求极高。

在这些实验中, 研究人员用一个均匀磁场辐照被捕获的原子, 使其形成 Feshbach 共振 (多体系统共振的一种特殊形式), 从而对这些原子之间的相互作用进行操控。在一项钾原子的两种同位素 ⁴¹K 和 ⁴⁰K 之间形成 Feshbach 共振的研究中, 捕获势是由 Nufern 公司的一台 40W 光纤放大器输出的两路光斑大小为 100μm、波长为 1064nm 的激光束交叉产生的。目前研究人员正计划在不久的将来使用更高功率的光纤放大器, 从而产生更深的光学阱以捕获更多原子。这将使得研究超冷量子气体的实验具有更高的信噪比。

其他应用

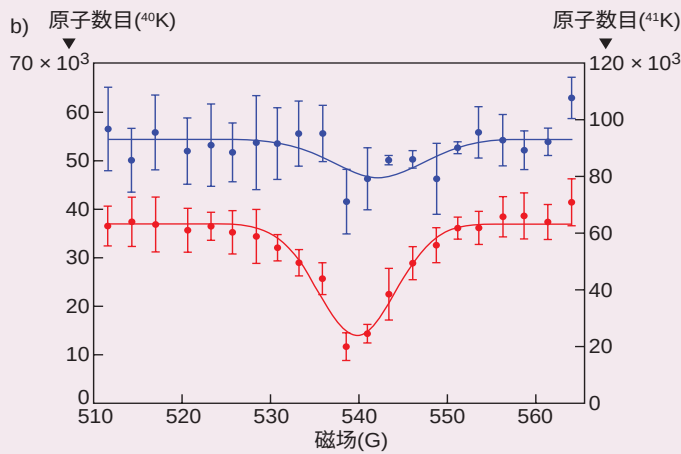
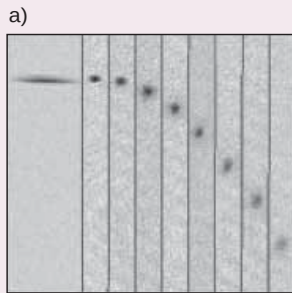
对于需要将光束耦合到光学腔内的共振频率转换研究, 这些稳定的单频保偏高功率光源也是理想之选。最近曾有报导显示: 对一台高功率光纤放大器的 40W 输出光倍频, 实现了 32W 的 532nm 光输出。^[5] 高功率可见波段光源特别受到显示和科学应用领域关注, 例如泵浦高功率钛宝石激光器等应用。

法国 Observatoire de la Côte d'Azur 公司已经在测评用于下一代欧洲万有引力波干涉测量仪 Virgo 的高功率光纤放大器。目前 Virgo 尚采用一个低功率单频 Nd:YAG 非平面环形振荡器, 其输出被两级钕酸钪放大器放大至 50W。^[6] 然而, 下一代系统的目标是功率高于 100W, 兼具较低的噪声频谱密度 (10⁻⁶ Hz^{-1/2} 量级), 稳定





图2：飞行时间图 (a) 显示了被限制在光学偶极阱中的⁴¹K原子的波色-爱因斯坦凝聚物。该波色-爱因斯坦凝聚物的图像拍摄于突然关闭光学阱、并让原子自由扩散2ms时间之后。研究人员对光学阱中⁴¹K和⁴⁰K的波色-费米混合物进行了Feshbach扫描。蓝色和红色的数据点分别代表在3s的维持时间之后，被均匀外磁场辐照下的偶极阱中⁴¹K和⁴⁰K原子的数目。



的线偏振特性，以及低于 $10^{-8} \text{ Hz}^{-1/2}$ 的相对强度噪声。这种输出功率在 100~200W 范围内的高功率探测系统的明显优势是：能够进一步提高引力波探测的灵敏度。

通过改进光纤和波导设计，例如 SBS 抑制光纤，或者在沿光纤长度方向上施加温度梯度等外部 SBS 抑制技术，可以将光纤放大器中的 SBS 阈值提高到 100W 以上的水平，同时保持良好的空间光束质量。已有实验

显示：沿一个大模场面积光纤放大器的长度方向施以简单的温度梯度，最终将 SBS 阈值提高到了 150W 左右（如图 3）^[7]。温度梯度产生的效果是使光纤放大器不同光纤段上的布里渊频率发生偏移，使得整根光纤的 SBS 增益谱非均匀展宽，从而提高 SBS 阈值。^[8]

在法国尼斯市的第一套万有引力探测实验中，研究人员将一个这样的光纤放大器与一台 Nd:YAG 单频种子

源结合使用。他们演示了用一个简单适当的伺服环路作用于放大器的泵浦二极管来抑制相对强度噪声值，将该实验中频率在 20Hz~1kHz 之间的噪声降低至 $4 \times 10^{-9} \text{ Hz}^{-1/2}$ 。此外，还有其他方面的测量证实了这种光纤放大器的偏振特性和光束稳定性，加之全光纤系统的固有优势（简单易用、维护方便、效率高、光束质量好、成本低），已经使该光纤放大器成为了下一代万有引力波干涉测量仪的有力解决方案。□

参考文献：

1. K. Tankala et al., "PM double-clad fibers for high power lasers and amplifiers," *Advances in Fiber Lasers*, Ed. L.N. Durvasula, Proc. SPIE, 4974, 220 (2003).
2. J.P. Koplow et al., "Single-mode operation of a coiled multimode fiber amplifier," *Opt. Lett.*, 25, 442 (2000).
3. M.E. Fermann, "Single-mode excitation of multimode fibers with ultrashort pulses," *Opt. Lett.*, 23, 52, 1998.
4. S. Chu et al., *Phys. Rev. Lett.*, 57, 314 (1986).
5. J.P. Anderegg et al., "RGB laser generation from fiber MOPAs coupled to external enhancement cavities," *Proc. SPIE Fiber Lasers VII: Technology, Systems, and Applications*, 7580.
6. C. Gréverie et al., "High power fiber amplifier for Advanced Virgo," *Proc. CLEO 2010*, paper JTuD36.
7. D. Walton et al., "Kilowatt-level narrow-linewidth-capable fibers and lasers," *Proc. SPIE*, 6453 (2007).
8. V.I. Kovalev and R.G. Harrison, *Opt. Lett.*, 31, 161 (2006).

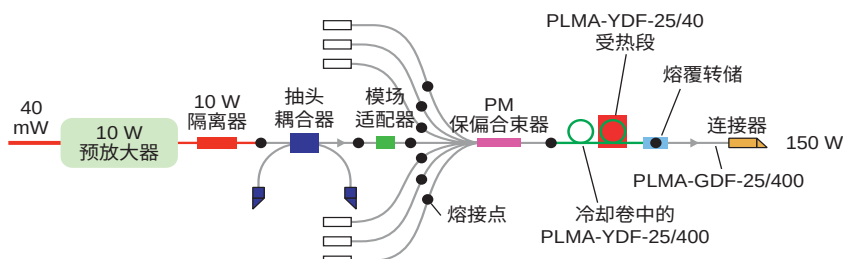


图3：沿掺镱大模场面积光纤长度方向上的温度梯度，能够进一步提高其高功率单频性能；通过对泵浦二极管应用一个适当的伺服环路，相对强度噪声可以降到适合Virgo工程的值。





太赫兹探测器

空气桥提高太赫兹探测器的响应时间

归功于激活区的小型化和热/电隔离的改善，通过制作与单片阵列集成兼容的空气桥像素，可以获得响应时间为微秒级的太赫兹探测器。

Sara Cibella, Roberto Casini, Alessandra Di Gaspare, Michele Ortolani ;
意大利国家研究委员会光子学与纳米技术研究所

太赫兹成像是安全检查、无损检测以及生物医药应用领域中非常有前途的技术。与雷达和身体扫描仪使用的毫米波类似，频率在 0.6~6THz 的辐射可以穿透如衣物、信封和包裹之类的不透明介质材料对物体成像。此外，得益于其更短的 50~500 μm 的波长，太赫兹波可以在远场获得亚毫米级的分辨率。然而，太赫兹辐射与毫米波的真正区别在于气体、生物分子和固体的特征性太赫兹光谱，以及液态水对太赫兹吸收的特殊频率依赖性。

这些光谱特性可以对不同物质提供优异的图像对比度，而这是红外和毫米波成像所无法实现的。因此，有可能结合太赫兹辐射的成像能力和光谱灵敏度来获得“假彩色太赫兹图像”（光谱成像），以同时实现目标检测与物质鉴定。然而，必须改进系统的紧凑性、复杂性以及成本，才能使太赫兹光谱成像商用化。

目前已经开发出了几种基于激光的宽带太赫兹光谱技术，采集时间短至几秒钟。这归功于对两个窄带可调谐红外激光器产生的差频信号（光混频）的相干探测，或者对锁模激光器照射到超快光开关上产生的亚皮秒太赫兹脉冲进行时域分析，所达到的非常高的探测器灵敏度。然而，将多像

素成像能力加入到这些系统并非易事，因为激光束必须被多路传输到光开关或光混频阵列；或者通过电子或机械方法对单一发射器发射的太赫兹光束进行操控。

一种不同的太赫兹成像方法使用窄带太赫兹光源对目标进行泛光照明，提供 1mW 量级的输出功率，透射 / 反射辐射被聚焦到多像素焦平面阵列（FPA）上。目前市场上提供紧凑型的点光源，如在 2~5THz 范围内的太赫兹量子级联激光器（QCL），以及在 0.2~1.2THz 范围内的电子放大乘法器链（AMC）。^[1,2] 通过以多个光源照射目标或者对发射频率进行精确调节，仍然可以利用具有 FPA 的窄带成像实现多光谱成像，而不是采集完全的太赫兹光谱。通过探测信号进行解调，可以从 FPA 上恢复多光谱信息。

通过将 QCL 与由热探测器（微测辐射热计或焦热电探测器）构成的商用红外 FPA 耦合，已经实现了单一太赫兹频率的视频速率成像。由于这些探测器是基于相对大面积（通常为 50 μm × 50 μm ）的能量吸收体，每个像素的时间常数超过 10ms。这对于高速成像来说不是问题，原因在于单个像素的响应仍然可以在高速下进行电子采样；然而，缓慢的热时间常数阻碍了使用更先进的数据读出方

法，如多光谱解调。为此，位于罗马的 CNR-IFN 研究小组正在开发通过光刻技术制造具有微秒级响应时间的太赫兹探测器，期望未来可以集成到单片 FPA 中。

空气桥太赫兹探测器

如果暂且忽略放大器的带宽问题，探测器的本征响应时间是由它的电导（应该为高）和电容（应该为低）所决定的，因此是由材料和制造技术决定的。要获得更短的探测器响应时间，可以通过小型化激活区，或将激活区与惰性结构（电气接点、基板等）隔离来实现。由于空气（或真空）是最好的电、热绝缘介质，因此将探测器的激活区安放在微型空气桥上是一种很有吸引力的办法。这种方法对考

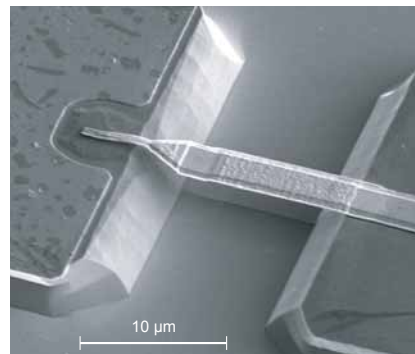


图1：CNR-IFN研究小组制作的空气桥肖特基势垒二极管的扫描电镜图像，显示了阳极板和肖特基结之间的金属连接已经被悬空，以减少寄生电容。该悬空结构是在光刻加工出两个平台后，再通过湿化学法去除金属桥下的砷化镓产生的。



Technologies Center 技术中心

考虑热传导和电容的热探测器，以及太赫兹整流器都适用，太赫兹整流器的本征响应时间必须小于电磁波的周期（1ps 对应 1THz）。肖特基势垒二极管（SBD）属于此类探测器（如图 1）。

在 CNR-IFN 研究小组制造的两探测器原型中，微型空气桥比现有的商业设备具有更短的探测器响应时间。这两种探测器都是通过制造片载平面太赫兹天线、将波长为 50~500 μm 的太赫兹辐射耦合到微激活区中，然后通过一个硅衬底镜头将入射光束聚焦到天线上。空气桥和激活区位于天线馈源之间。该设备的布局是在晶片上留出足够空间的二维探测器阵列，用于互联和预处理电子，这些在未来会加入到设备中。目前，单一像素是从阵列上切片得到的，和衬底透镜封装在一起，并且与外部电子电路一道进行测试。

超导热点空气桥辐射热测定计

该超导热点空气桥辐射热测定计（SHAB）由一个在对数螺旋天线的反馈点之间悬空的宽 1 μm 、长 15 μm 的铌（Nb）空中桥组成。在低于超导临界温度 $T_c \approx 8.2\text{K}$ 的温度下，直流偏置电流使空气桥的中心产生所谓的常态区域（称为热点），该区域的局部温度高于 T_c 。由于部分桥对热浴（衬底）悬空，具有高的热隔绝性，使上述条件得以实现。因此，该桥具有非零值的阻抗，它可以设置成接近天线阻抗（75 Ω ）的值。入射的太赫兹辐射在天线上诱导出随时间变化的电流，在阻抗匹配的桥上耗散功率，并且增加了热点尺寸，从而增加了准静态阻抗值。这使得探测器的响应时间和热点的热化时间相关，并可由公式 $b=C/G$ 计算得到，其中 C 和 G 分别

是桥的热容和热导。

研究人员已经开发出了一种制造工艺，能够获得可高度重复的 G 值和 C 值。首先，在一个已经镀制了 100nm 厚氮化硅（ SiN_x ）的直径为 75mm 的硅晶片上沉积 50nm 厚的铌层，它能同时提供对桥的电气绝缘和机械硬度。光刻天线是通过 20nm 钛（Ti）/200nm 金（Au）的蒸发和剥离来制造的。随后采用电子束光刻，通过铬（Cr）掩膜和反应离子来刻蚀剩余的铌膜，从而制造出桥。进一步的光刻流程将铌条封装在含氢硅酸盐

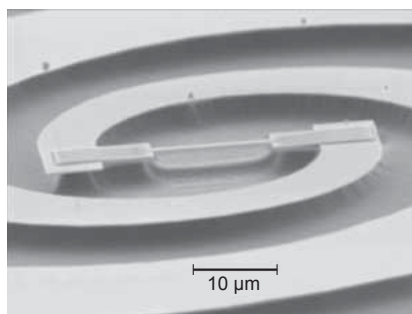
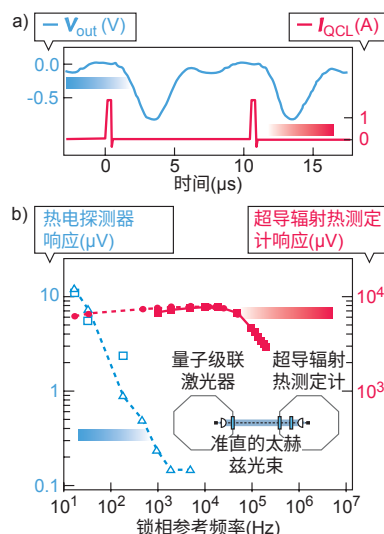


图2：超导辐射热测定计响应4.4THz的QCL辐照。对QCL单脉冲的时域响应由示波器记录(a)。锁相放大器记录的热电探测器（空心符号）和辐射热测定计（实心符号）的响应(b)。参考频率通过机械斩波器（空心方形）、填充因子50%的QCL脉冲序列（虚线）、或改变QCL的重复频率（连续线）提供。平均入射功率约为10 μW 。两个探测器的放大器的噪声水平都设置在30Hz 下1 μV 。(b)中插图显示的是光学示意图（八边形代表液氮浴低温保持器）。

顶尖 PINNACLE

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

Jenoptik高功率半导体激光器



- 波长选择多：808、880、915、938、976、1060nm等
- 封装形式多样：单管、裸巴、CS、堆栈、光纤耦合输出等
- 应用广泛：针对工业、医疗、科研等不同应用有不同的适用型号
- 功率高：从几瓦到2500瓦，可选范围大

Nanofoot半导体激光器测试系统

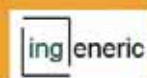


- LIV（光强-电流-电压曲线测试）
- 光谱分析
- 远场特性
- Smile效应分析
- 温度特性
- 目视检查（近场特性，Overhang，表面缺陷）

LBC 8000



Ingeneric半导体激光器准直透镜



- 快轴准直透镜
- 慢轴准直透镜
- 快慢轴准直组合模块
- 光纤耦合透镜模块
- 单模半导体激光源圆化透镜
- VHG透镜

Delta直流电源

- 最大功率8000W
- 有过流保护功能，50万小时无故障运行
- 可独立运行，也可多台串并联工作
- 可模拟和数字信号输入控制



Omicron高频调制半导体激光器



KMLabs超快激光器



Menlo飞秒光纤激光器



Photonics皮秒激光器



LaserPoint功率计/能量计



APE自相关仪

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



技术中心 Technologies Center

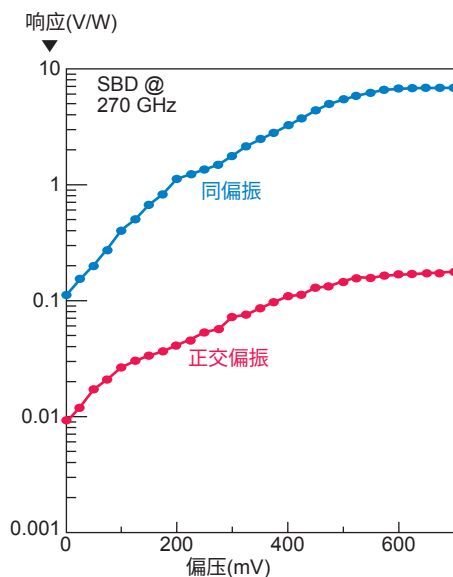
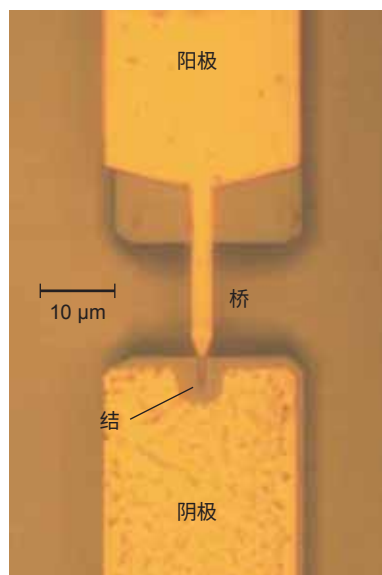


图3：CNR-IFN研究小组制造的一个太赫兹肖特基势垒二极管的光学显微镜图像，显示了形状为 $\lambda/4$ 偶极子天线上的阳极和阴极板，确保了对同偏振辐射更高的耦合。右图中SBD的响应是在室温下直接测得的，探测装置配备有100倍的电压放大器，该装置采用了一个基于耿氏二极管的270GHz辐射源，紧跟辐射源之后的是一个三倍频器。调制频率为266Hz。

类 (HSQ) 中，这样可以在最后对硅衬底的深度各向同性刻蚀环节对其保护。在该深度刻蚀环节，大约有 $3\mu\text{m}$ 的硅要从 Nb/SiNx 桥下去除。

利用脉冲驱动 QCL 发出的 4.4THz 的 200ns 短脉冲，可以通过信号上升和衰减时间的指数拟合，估计出 SHAB 的响应时间为 $\tau = 5.8 \pm 0.2\mu\text{s}$ (如图 2)。通过将 SHAB 连接到锁相放大器，并使用 QCL 的驱动信号作为参考频率 f_r ，可以对 SHAB 和热电探测器的输出带宽进行比较。这两个探测器的前置放大器的噪声水平都设置在 30Hz 下 $1\mu\text{V}$ ；热电探测器在 30Hz 以上的响应有所下降，30Hz 处的响应比 SHAB 小 10^3 量级，与 $10^{-9}\text{W}/\text{Hz}^{0.5}$ 的热电噪声等效功率 (NEP) 值一致。由锁相测量的 SHAB 的响应在 100kHz 以下几乎保持不变，高于 100kHz 后开始下降，这是由于低温恒温器的接线中未优化的寄生电容导致的。SHAB 的 NEP 值为 $10^{-13}\text{W}/\text{Hz}^{0.5}$ 。研究人员得出的结论是：

SHAB 能提供在几乎三个数量级的频率范围内 (100Hz~100kHz) 不变的响应，从而能够采用一个单像素和多光谱解调实现多通道数据采集。

空气桥肖特基势垒二极管

在工作频率高于 0.5 THz 的相干 (外差) 系统中，肖特基势垒二极管 (SBD) 是最常用的半导体器件，这主要是因为非线性电流 - 电压特性只取决于多数载流子输运，因此，复合率对高频截止频率的测定并不重要。因此，温度对 SBD 的性能仅仅具有很小的影响，这使其能够在室温下工作——这一点对于实际应用非常重要。非线性性质来源于电子穿越单一金属 / 半导体界面，因此 SBD 表现出非常低的电容。电子在半导体中的 SBD 传输系数与施加在二极管终端 (热辐射) 的电压呈指数关系。通过天线将辐射频率下的电场振荡加载到势垒区，在一个辐射周期内传输系数不对称地改变，产生非正弦、非零平

均值的输出电流。

为了在太赫兹频率下实现势垒的快速变化，寄生 RC 的截止频率必须非常高 (大于 3THz)；因此关键在于使用高电子迁移率的 III-V 族半导体砷化镓 (GaAs)、铟镓砷 (InGaAs) 或磷化铟 (InP) 作为低串联电阻，并制备出亚微米尺寸的二极管以确保较低的结电容。再次，必须使寄生电流通路尽可能小，而这可以通过制造空气桥对阳极 (金属) 和阴极 (半导体) 接触实现物理分离来达到 (如图 3)。

研究人员已经在 n-GaAs 上制造了单一的 SBD 阵列，并且正在通过三层电子束光刻 (EBL) 在同一个晶片上确定不同的二极管类型，来对阳极的几何形状进行实验。在工艺上，首先通过光刻、镍 / 金 / 钼蒸发，以及热退火形成阴极图像。然后，通过 EBL 和钛 / 金蒸发形成带有空气桥触点的 T 形阳极。三层光刻胶层使研究人员能够选择性地悬空或接触钛 / 金薄膜的不同部分，从而形成阳极的三维几何形状。最后，在湿化学法去除衬底的环节中，对平台区域进行保护，从而将桥悬空，并实现二极管之间的相互隔离。由于缺乏太赫兹网络分析仪，对 τ 进行实验上的测定有困难，但是从对 270GHz 自由空间辐射光束观察到的整流中得到下限为 $\tau = 3.7 \times 10^{-12}\text{s}$ 。原则上，可以通过合适的放大器设计将 SBD 的输出信号解调至高达几十千兆赫。□

参考文献：

1. M.S. Vitiello et al., "Terahertz quantum cascade lasers with large wall-plug efficiency," Appl. Phys. Lett., 90, 191115 (2007).
2. www.virginiadiodes.com





高功率半导体激光器

低数值孔径直接半导体激光器保持高功率

被动冷却的光纤耦合二极管模块同时实现了前所未有的高功率和高光束质量。

David Hacrilla, 通快 (美国) ; Marco Holzer, 通快 (德国) ; Stephan Strohmaier, 通快 (美国)

传统的光纤耦合输出半导体激光器 (也称直接半导体激光器) 在光束质量相对较差的情况下, 能获得高达 40% 的系统效率, 但是其应用却主要局限于传导焊、钎焊以及一些表面处理应用。如果将传统的半导体激光器的光束质量提高到约 $40\text{mm} \cdot \text{mrad}$, 那么其系统效率则将下降到约 32%。

为了提升直接半导体激光器系统的效率优势, 并进一步改善其光束质量, 通快公司开发出了一种新的设计理念并将其运用于光纤耦合输出的半导体激光器, 实现了高达

4kW 的输出功率。其基本的设计理念是采用光纤耦合半导体激光器模块, 这些半导体激光器模块具有下列前所未有的特征: 输出功率达 100W, 输出光纤芯径仅 $100\mu\text{m}$, 数值孔径 (NA) 小于 0.12。

同束腰尺寸一起, 数值孔径直接关系到光束质量的好坏: 在给定的束腰直径下, 光束的数值孔径越小, 光

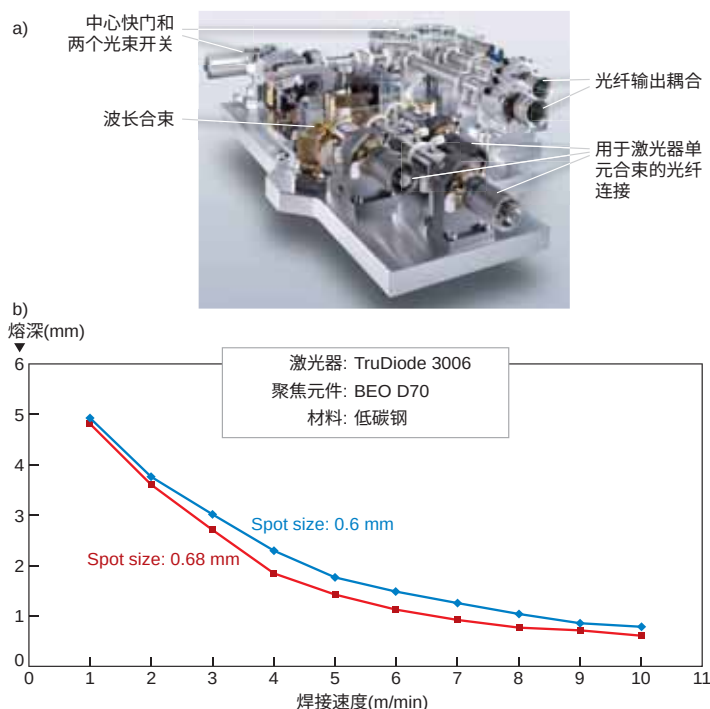


图1: 直接半导体激光器系统的组成包括一个密闭的光束合束器和光纤输出耦合器 (a) 图。(b) 图显示了输出功率为3kW、光斑尺寸分别为0.6mm和0.68mm时, 焊接熔深和焊接速度之间的关系。

束的聚焦性越好。具有较小数值孔径的半导体激光器, 在相同的聚焦直径下具有更大的工作距离和焦深、在相同的工作距离下具有更小的聚焦直径、在相同的聚焦直径下能实现更紧凑的光学系统。

通快的高功率直接半导体激光器单元由多个半导体激光器模块和一个光纤合束器组成。来自多达 19 个模

块的光束组合进入单一的输出光纤, 每个模块的输出功率为 100W, 这样组合成的一个激光器就可以输出高达 1900W 的激光。19 个模块的 19 根光纤拼接形成一个锥形光纤束, 其直径约为单个模块光纤直径的 5 倍, 即大约 $500\mu\text{m}$ 。光纤合束器为工业级别, 其损耗可忽略不计。

当几个单独的模块以这种方式合束时, 所形成的激光器单元能够保持与单个模块相同的输出效率, 但是光束质量会变差。单个模块的光束参数积 (BPP) 约为

$5\text{mm} \cdot \text{mrad}$, 而由 19 个模块合束而成的激光器单元的 BPP 约为 $30\text{mm} \cdot \text{mrad}$ 。

波长合束

高于 1900W 的输出功率可以由多个波长光束耦合实现。在整个系统中单个激光模块的光束质量得以保持, 同时功率可以通过增加不同波长光束来增加。





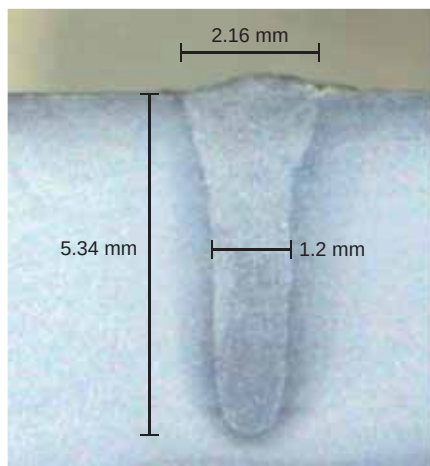
技术中心 Technologies Center

粗波合束是一项广为人知的技术。各个模块产生的激光束通过光纤传导，并在光纤末端输出。从光纤纤芯输出的光束基于 BPP 以一定角度发散。BPP 被定义为束腰半径和光束发散角的乘积。对于采用光纤传导的激光器，这等同于光纤纤芯半径和发散半角的乘积，或基本上等同于光纤纤芯半径和光纤数值孔径的乘积。因此，对于给定的光纤直径，数值孔径越小，光束质量就越高，光束聚焦性也越好。

发散光束经过准直后，通过特殊的介质涂层镜与来自另一个激光模块的准直光束合束。一个波长的光束被镜面反射，另一个波长的光束则穿过镜子，从而合束成一束平行光，其包括了双波长光束和两倍的功率。更多的光束能以类似的方式合束。通快的 TruDiode 激光器采用公司专利的创新技术，大大降低了不同波长合束的差异性，并因此使一个合并光束具有极窄的波长光谱（优于 $\pm 50\text{nm}$ ）。

一旦合束，准直后的激光束便可以通过耦合器耦合到光纤中。在这种情况下，使用芯径为 $600\mu\text{m}$ 的光纤，能实现即插即用和快速更换。当输出功率高达 1kW 时，可使用芯径较小的光纤，例如 800W 的输出功率可使用芯径为 $400\mu\text{m}$ 的光纤传导。

由于波长很接近，现在其他半导体激光器技术中出现的缺点是可以避免的。这些激光器的光束质量与早期的光泵系统的光束质量非常类似，因此这些半导体激光器能够直接替代光泵系统。相比于灯泵浦固体激光器，直接半导体激光器首次实现了深熔焊接，并且获得了与灯泵浦固体激光器相同、甚至是更好的焊接效果。有了这种激光技术，便可以消除以前使用光



泵激光器时的一些权衡考量，例如不必再考虑是选择较小的工作距离、较大的聚焦直径或是更大的光学器件。

更高的效率，降低的运营成本

与现有的半导体激光器相比，直接半导体激光器技术可以显著提高效率，降低运营成本。虽然良好的光束质量在传统的堆叠式半导体激光器中对系统效率有负面影响，但卓越的光束质量已经是这些激光器的核心，并且遵循这种理念也不会产生进一步的重大损失。目前直接半导体激光器技术已经能实现高达 40% 的效率、同时又能保持较高的光束质量，而这种结果是之前从未达到过的。直接半导体激光器技术明显提高了系统的经济性，降低了电力成本，相比于灯泵系统可以节约高达 15 倍甚至更多的能源。

除了高效率外，采用被动冷却的二极管也降低了激光器的运行成本。与主动冷却方式相比，被动冷却的二极管的使用寿命大大延长。因此，二极管已经不再是“易耗品”，而是与任何其他激光器组件没什么不同，这就避免了昂贵的二极管更换费用。由于激光器在结构设计上所具有的模块化

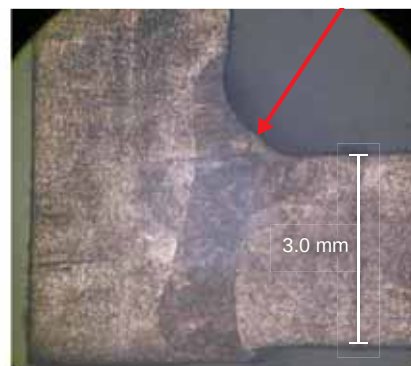


图2：典型的焊缝截面图，焊接速度为 1m/min ，其中平板上使用的功率为 3kW （左），拐角处（右）使用的功率为 2kW 。

和灵活性等特征，使得输出功率和输出光路的数量都可以在现场进行升级。

直接半导体激光器的应用包括深熔焊接、传导焊、钎焊、热处理以及激光金属熔覆等。例如，运用输出功率为 3kW 的直接半导体激光器，在低碳钢上获得了优异的渗透深度和焊接速度（见图 1）。激光器的输出波长约为 950nm ，其实现了优异的焊道表面质量，而且不需要等离子抑制气体，焊缝氧化现象也不明显。小孔焊接的焊缝截面显示了直接半导体激光器的优良性能（见图 2）。

由于目前最先进的激光器技术（如碟片激光器和光纤激光器）都依赖于半导体模块泵浦激光介质，实现波长更长的激光输出，并且进一步改善光束质量，在这个过程中有高达 40% 的功率和效率都被损失掉了。直接使用半导体激光器模块，能够获得效率显著提高、体积更加紧凑小巧、更具成本效益的产品。□

如对本文内容需要更进一步了解，请联系通快（中国）有限公司激光市场部。Email: sarah.tang@cn.trumpf.com；Website: <http://www.cn.trumpf.com>





激光微加工

超短脉冲激光提升微加工的速度与效率

Barbara Stump

在微加工领域，短脉冲、尤其是超短脉冲激光器正在取代传统的加工方法。对于超短脉冲激光器，得益于其冷烧蚀特性，因此其对所要加工的材料几乎没有任何限制。

在冷烧蚀过程中，材料的去除本质上只能通过化学键断裂来实现，因此其产生的热影响仅限于几微米的区域，并且相应的变形也最小。不幸的是，超短脉冲激光器的烧蚀速率仍然非常低，进而限制了其在工业领域的广泛应用。

金属材料的烧蚀阈值在 $0.2\text{J}/\text{cm}^2$ 的范围内，而玻璃和陶瓷的烧蚀阈值则在几个 J/cm^2 的范围内。为了提高去除速率，可以使用具有较大聚焦口径的高脉冲能量，以在更大的区域内工作。在诸如玻璃或聚合物等透明材料加工应用中，可通过非线性效应（如多光子过程）来提高去除速率。此外，也可以提高重复频率。重复频率可以从 100kHz 到几兆赫兹，目前正在进行重复频率超过 10MHz 的研究。

尽管传统的光纤激光器已经在工业环境中植根多年，但是飞秒光纤激光器在市场上仍然属于新事物。德国耶拿大学的 Jens Limpert 博士使用的超快光纤激光器，平均功率接近 1kW ，峰值功率在 GW 量级，重复频率在 kHz 到 MHz 的范围内。虽然超快光纤激光器已经能够达到上述较高的性能，但是其仍然具有很大的发展潜力。

除了单脉冲之外，另一种提高烧蚀速度的方式是采用所谓的脉冲猝发

(burst)。以 50MHz 的脉冲序列为例，重复频率为 500kHz 的脉冲被提取出来并被放大。

“烧蚀效果与脉冲能量成对数关系。通过这种方式，可以将相同的总能量分配到几个脉冲中，然后通过脉冲叠加来达到更高的去除量。” Lumera Laser 公司的 Dirk Müller 介绍说。实验已经证明 $5\sim 10$ 个脉冲的脉冲猝发是有效的，并且约为 20ns 的

脉冲间隔也已被证明是有效的。然而，最终获得的去除质量在很大程度上依赖于所要处理的材料。

微结构的高效生产

在微加工领域享有盛名的方法包括 EDM（放电加工）、微模压加工和光刻技术。EDM 只适用于导电材料，并且速度缓慢；冲压模的制造成本较高；而光刻则需要高精密切模，并且后续的刻蚀过程还对环境有很大的污染。相比之下，激光冷烧蚀加工不但能够实现与上述方法类似的加工精度，而且更具成本效益，同时也非常环保。最精细结构的冲压使得金属板材的加工更加容易，金属板材结构由模压辊制成。德国夫琅和费激光技术研究所（Fraunhofer-ILT）已经利用功率为 100W 、重复频率为 3MHz 的皮秒激光器，获得了最佳的精细结构加工效果。

“在整个激光微加工过程中，CAD 数据得到了精确的再现，没有熔化物飞溅以及其他废弃物，并且表面粗糙度小于 $0.5\mu\text{m}$ 。” Fraunhofer-ILT 烧蚀与焊接部门主管 Arnold Gillner 博士说（见图 1 和图 2）。为了获得更好的加工效果，脉冲之间必须有 $10\%\sim 15\%$ 的重合，两条脉冲的刻线间则必须有 10% 的重合。

由于具备冷烧蚀特性，因此超快激光也可以用于加工塑料。几乎生产有机发光二极管（OLED）的所有加工设备都是独一无二的。由于有机光伏电池（OPV）和 OLED 的制造工艺

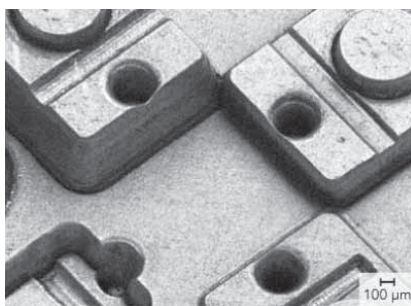


图1：由超快脉冲激光器加工的一个工具的局部图。



图2：用于LED照明的导光结构。用于部件注塑成型所使用的工具是通过超短脉冲激光器加工而成的。



图3：由超短脉冲激光加工的有机太阳能电池膜层。





BORDEAUX
Route des Lasers
THE PLACE TO BE

The photonics competitiveness cluster in Aquitaine - France

波尔多
激光之路
康庄大道

法国阿基坦光子科技园

Bordeaux
Aquitaine region
Southwest France

Route des Lasers
Competitiveness cluster,
the best place to find:

- Innovative companies in photonic technologies
- One of Europe's highest concentrations of scientific expertise in photonics
- Technological development tools and training
- Commercial real estate specifically targeting the sector
- The Laser Megajoule, a scientific flagship for global visibility

最理想的激光创新科技园
法国激光之路拥有:

- 先进光子学技术的创新企业
- 欧洲最集中的最一流的光电专业团队
- 最先进的光电研发技术和培训机构
- 定位在激光和光电技术领域的专业地产中心
- 全球知名的学术研究中心: 法国原子能总署旗下的Laser Megajoule

www.routedeslasers.com
alpha@2adi.aquitaine.fr

© ALPhA Route des Lasers 2011 - Photo credits: Chris James Hewitt / Digital Vision / Getty Images, CEA / Philippe Labarrière

REGION AQUITAINE

ALPhA

2ADI

LES POLES DE COMPETITIVITE

相似,德国夫琅和费光子微系统研究(Fraunhofer-IMPS)的工程师们已经开发出了用于OLED和OPV的Gen2试验性生产线。OLED的层系统是通过OVPD(有机气相沉积)或者VTE(真空热蒸发)技术,在塑料薄膜上沉积ITO(铟锡氧化物)层形成的。对于这样的微型结构制造,使用激光器是最理想的选择,因为它们的工作速度快,并且安装时间可以忽略不计。

“这种无需光刻技术的加工过程提供了与光刻工艺相同的优良质量,而且由于其在部署和成本方面的优势,因此这种方法更加灵活。”Fraunhofer-IMPS的Christian May博士说。

德国3D-Micromac公司也针对相同的问题展开了工作。该公司已经开发出了一种模块化系统,其能够在普通的环境条件下,利用卷对卷制程实现有机、可弯曲的太阳能电池和OLED的全自动化生产(见图3)。

利用超短脉冲激光器进行卷对卷激光微加工的另一个应用领域是汽车玻璃。由于汽车的车窗越来越大,在日光照射下车内会越来越热,而汽车玻璃的膜层则会形成法拉第笼,对通讯有屏蔽作用。为了改善这种情况,必须在不影响“美观”的前提下去除部分膜层。

“皮秒激光可以在薄膜的背面工作,并且光束能在不破坏基底的情况下通过它。”3D-Micromac公司的Christian Scholz报道说。目前该项目尚处于仿真阶段。

对于工业生产,与可能的扫描速度相比,去除速率不是个大问题。为了实现高效生产,需要达到约200m/s和更高的扫描速度。采用相控阵偏转器可以满足速度要求,能够获得超过500m/s的速度,但是目前这些系统仍

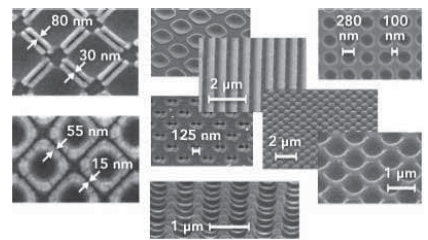


图4: 叠加一个短波长超短脉冲激光的几部分光束,产生高分辨率的干涉图样。

处于研发阶段,尚且不适合工业应用。

另一种解决速度缓慢问题的方式是让几部分光束并行工作。用于分光的衍射光学组件仅仅操纵光束的光学相位,并且具有非常大的透射率。这些光学组件由石英玻璃制成,生产成本较低,这一点也要归功于超短脉冲激光的冷烧蚀特性。

另一种制造周期性纳米结构的方法是使用干涉。这意味着所有的材料都可以通过这种方法加工,包括叠加一个短波长超短脉冲激光的几部分光束,从而产生具有高分辨率的干涉图样(见图4)。

“实验已经证明了这种方法的可靠性,目前我们正在改进这种方法以满足工业应用的需求。”Laser-Laboratorium Göttingen e.V的Peter Simon博士说。

激光烧蚀法切割

利用传统的激光器切割金属箔,必须采用气体喷嘴来吹出熔化物,并且需要专门的轮廓匹配的切割工具。除了工具方面的成本外,用于熔化金属的气体流动还能够引起金属箔变形,相对较高的能量输入也会使金属箔弯曲,并且会在切割边缘形成脊状突起。利用短脉冲激光器切割金属箔,其激光束多次经过切割路径,逐渐作用于被切割的材料上。另外,在工件的固定方面,只需要将金属箔吸附在

下转第27页



光纤光谱仪

微型高分辨率光纤光谱仪在等离子体领域的应用

等离子体是继气体、液体、固体后的第四种物质的聚集态。等离子体物理学是一门蓬勃发展的新兴科学，其应用涉及受控热核聚变、空间科学、环境科学、微电子与信息产业、材料合成与处理、国防和高技术应用等诸多领域。目前，测量等离子体特征谱线最简单的方法是使用高分辨率微型多通道光纤光谱仪。

张志伟，侯统熙；北京爱万提斯科技有限公司

随着温度的升高，一般物质形态依次表现为固体、液体和气体，它们统称物质的三态。当气体温度进一步升高时，其中许多、甚至全部分子或原子将由于激烈的相互碰撞而离解为电子和正离子。这时物质将进入一种新的状态，即主要由电子和正离子（或是带正电的核）组成的状态。这种状态的物质叫等离子体，它可以称为物质的第四态。

目前，直接测量等离子体的仪器分为两大类：一类用于测量等离子体的密度和温度，方法又分两种：一种是根据落到传感器上的带电粒子产生的电流来推算，如法拉第筒、减速势分析器和离子捕集器，另一种是探针，通过在探针上施加不同电压引起的电源变化来推算；另一类用于测量等离子体的特征谱线（光谱法），使用光纤探测等离子体信号，通过高分辨率多通道光纤光谱仪进行数据采集和分析。下面主要介绍利用光谱法测量等离子体的特征谱线。

实验部分

仪器原理

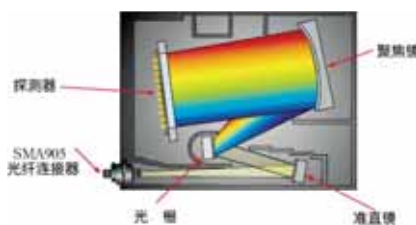


图1：光纤光谱仪的光学平台。

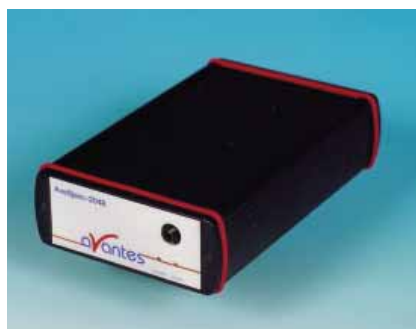


图2：单通道光纤光谱仪。

实验所用的光纤光谱仪（见图1和图2）采用 Czerny-Turner 对称式光路设计，入射焦距和色散焦距

都是 75mm；其包括光纤接头（标准 SMA 接口，也可以选择其他类型的接口）、准直镜、衍射光栅、聚焦镜和线阵 CCD 探测器，波长范围为 200~1100nm，最高分辨率为 0.025nm，提供 USB2.0、RS-232 和 I/O 接口。

功能及特点

（1）外触发功能

该光纤光谱仪能够在接收外触发信号之后仅延迟 1.3μs 就开始采样，还可以发出一个 TTL 信号来触发脉冲激光器，而且在软件中可以设置采样开始时间与激光脉冲之间的延迟（-20ns~89s，步长 21ns），其独特的 -20ns 负延迟采样时间特性，对测量脉冲激光器非常有用（见图3）。

光纤光谱仪的这些特点，使其适用于需要快速响应和需要与外触发信号精确同步的应用领域（它的时间抖

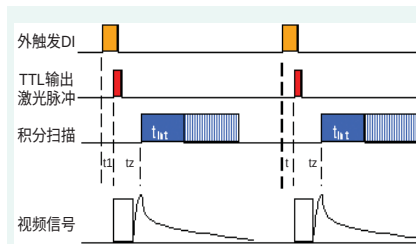


图3：外触发时序图。

参数	AvaSpec-2048
t_1 激光脉冲延迟	1.3μs~89s
t_1 的步长	21ns
t_2 积分时间延迟	-20ns~89s
t_2 的步长	21ns
t_{int} 积分时间	1.1ms~10min
t_{int} 的步长	10μs

应用天地

Applications

动只有 $\pm 21\text{ns}$), 例如传送带上的产品检测等。而输出 TTL 信号的特性则使其用于激光诱导击穿光谱 (LIBS) 测量或荧光测量, 这些应用都要求激光脉冲发射一段时间之后开始采样。

(2) 历史通道功能

光纤光谱仪可以同时监测最多 8 路输出参数随时间的变化, 如用户定义的函数、积分、峰值 (波长, 相对强度) 等。函数可以用 Visual-Basic 代码编写。时序测量的结果可以被存储、载入或者打印。缩放和全景显示功能可以把时序测量结果中感兴趣的部分快速放大至全图显示。

(3) 独立测量功能

该光纤光谱仪还可以配置成独立测量工作模式, 而不必使用计算机。

USB2 平台的光谱仪添加了蓝牙 (-BT) 通信以及在板卡上存储光谱的 SDRAM 卡选项, 能够实现远距离测量和传输 (大于 300 米) 以及长时间光谱数据存储。

(4) 宽光谱范围内的高分辨率

对于等离子体测量和 LIBS 测量, 一般都要要求光谱仪在较宽的光谱范围内具有较高的分辨率。实验使用的光纤光谱仪的最高分辨率可达 $0.04\text{nm}/0.025\text{nm}$ 。如果配置成多通道光谱仪, 则可以在 $200\sim 1000\text{nm}$ 光谱范围内实现分辨率优于 0.1nm ; 同时使用光纤束进行探测 (一端为一个光纤接头用于探测信号; 另一端为多个接头用于连接各个通道), 不但操作简单, 而且还可以保证探测位于同一位置的信号。



图4：四通道和八通道光纤光谱仪。



图5：等离子体特征谱线测量实验布局图。

(5) 对称式光路设计

对称式光路的入射焦距和色散焦距比是严格的 1:1 关系, 在 CCD 上呈现的是完美的直线像, 并且由于不存在光路交叉, 使得杂散光的影响被降到最小。

(6) 多通道间数据同步采样

光纤光谱仪可以配置成双通道或多通道 (见图 4, USB2.0 平台最多 128), 采用主从电路板控制, 各通道间实现真正意义上的同步数据采集。每个通道均包括一个独立的光学平台。

(7) 温度稳定性好, 热漂移小

该光纤光谱仪的光学元件和底板间采用无应力装配, 出厂前经过特殊工序处理, 因此环境温度对光谱仪影响极小, 环境温度每变化 1°C 仅漂移 0.1 个像元, 其优异的温度稳定性确保了长时间测量的精确性和可重复性。

测量方法

实际上, 使用光纤光谱仪测量等离子体的特征谱线的方法非常简单 (见图 5)。第一步: 安装 AvaSoft-Full 全功能软件; 第二步: 将光纤、光谱仪和计算机之间连接好, 光纤一端固定并对准被测等离子体, 运行软件; 第三步: 软件会将采集到的数据绘成光谱图。

由于光谱仪测量到的光谱强度是相对值 (电子记数值, 单位 Counts), 如果要进行绝对强度测量, 可以选择在定标实验室里对光谱仪进行绝对辐射定标, 波长范围 $200\sim 1100\text{nm}$ 。为了使整个测量装置更加灵活, 还可以购买一台辐射定标光源, 在现场进行标定。

测试数据及装置

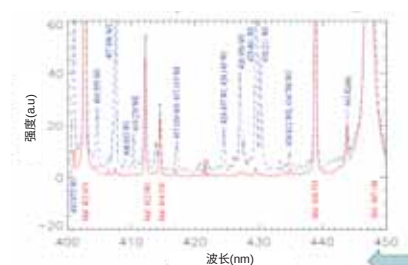


图6：光纤光谱仪测量等离子体的光谱数据。

结论

总之, 光纤光谱仪的出现使原位测量等离子体成为可能, 而便携性和高性价比使其在很多领域内可以替代传统的大型光谱仪, 并在工业现场应用中取得了巨大进展。相信随着人们对光纤光谱仪的认识越来越全面, 其将迎来更具潜力的应用前景。□



AVASPEC SENSLINE

超高灵敏度
光纤光谱仪

AvaSpec-Sensline系列光谱仪是Avantes为从事高端光谱学研究如荧光、化学发光、拉曼光谱而设计开发的高性能光谱仪。该系列光谱仪采用革新的超低杂散光（ULS）和新型高灵敏度光学平台（HS）两项核心光学技术，灵敏度高于行业当前同类产品20倍。AvaSpec-Sensline系列光谱仪包括6种型号的高灵敏度、低噪声光谱仪，在200-1160nm（UV/VIS/NIR）波长范围内具有卓越的响应和优异的性能：

- 高稳定性
- 高灵敏度
- 高采集速度
- 低噪声

北京爱万提斯科技有限公司

北京：010-84574057
深圳：0755-33339082上海：021-63806510
成都：028-86533466www.avantes.cn
info@avantes.com.cn

焊接应用

激光焊接和电子束焊接：
两种焊接技术的并用

John Lucas, Joining Technologies公司过程开发技师

虽然激光焊接（LBW）以及电子束焊接（EBW）的拥护者们分别对其青睐的技术大加赞扬，但在许多情况下用户的最佳选择可能是同时采用这两种技术，尤其是在焊接复杂结构以及满足高品质冶金需要的情况下更是如此。

如果组件在设计时就考虑到要使用激光焊接和电子束焊接这两种焊接技术，那么在单个加工厂内采用激光焊接和电子束焊接技术则可以简化加工过程，例如焊接传感器、医疗装置以及成品中需要真空密封的产品。

通常在以下情况下需要使用这两种焊接技术：最终的配件尺寸对于现有的电子束焊接室而言太大，配件中的某些部件不适合真空处理（例如液体）；或者焊接深度较浅并且非关键，因而不必采用较为昂贵的电子束焊接。

激光焊接

激光焊接采用连续激光（CW）或者脉冲激光，其优点是能提供更简单的焊接工具和更短的焊接时间。如果采用连续激光系统，输出功率是连续的；脉冲激光系统通过调制输出激光脉冲序列。不论使用连续光源还是脉冲光源，焊接时都要将激光束聚焦到待焊工件表面。

激光束的高能量密度使得材料表面更快达到液化温度，从而获得更短的光束作用时间。因此，激光能量耗

散到材料内部的时间更短，这便可以获得更小的热影响区和更小组件的疲劳值（fatigue debit）。可以对光束能量进行操控以产生所需的脉冲形状。通过重叠单个脉冲可以产生焊缝。由于在脉冲间存在短暂的冷却周期，这可以减小热输入，这对于焊接热敏感材料而言是一大优点。

Joining Technologies 公司是美国一家致力于激光熔覆、电子束焊接以及激光焊接应用的创新公司，该公司的材料工程师 Salay Stannard 指出，连续激光的穿透深度可以超过0.5英寸，而脉冲激光则仅能达到0.030~0.045英寸。Stannard说：“穿透深度可能会随激光系统的不同而有所变化，并且将在很大程度上取决于加工参数的选择和焊口设计。”

Stannard 还补充道：“由于这类焊接过程的热源是光能，因此需要考虑焊接材料的反射率。例如金、银、铜

表1：激光焊接的优点

- 更低的设备成本——相对于电子束焊接具有成本优势
- 不需要密闭室和真空室等物理条件，装置简单，加工时间短
- 更为简单的单站式加工
- 更短的加工时间，更低的加工成本
- 对工具要求更简单
- 热影响区小
- 规模可扩充（一台激光器可以用于多个加工平台）
- 许多原始设备制造商支持该技术
- 培训成本低
- 不产生x射线

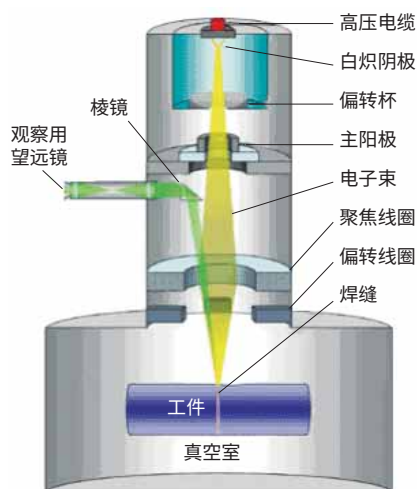


图1：电子束焊接。

以及铝需要更强的能量输入。一旦材料熔化，其反射率就会下降，并且该过程的热导将导致向下穿透。”

如上所述，由于激光具有较高的功率密度，因此其热影响区小，从而确保了关键组件不会受到损伤。因此，激光焊接这对于医疗设备、电子组件、传感器以及其他精密设备而言更具优势。激光焊接会不产生任何 x 射线，并且可以通过自动化和机器人很方便的进行控制。通常激光焊接对工具的需求也非常简单，而且不需要密闭室或真空室等物理条件。较短的作用周期意味着成本优势，并且不会牺牲焊接质量。表 1 列出了连续激光和脉冲激光焊接的优点。

电子束焊接

电子束焊接由于具备更深的穿透深度、不存在污染等优势，已经被很多行业广为采用。电子束焊接可以焊接其他方法无法实现的耐高温材料和各种金属材料。图 1 显示了用高速电子束聚焦后轰击工件。电子束的动能转化为热能，成为熔合工件的驱动力。电子束焊接不需要额外的过滤材料，并且变形最小。利用超高能量密度能

够获得较高的穿透深度和较高的径深比，真空环境确保焊接过程无污染。对于焊接含钛和含镍的超合金而言，真空环境至关重要。

然而，真空条件下工作的主要优点是能够精确地控制电子束。电子与空气分子相互作用时会发生散射，而真空条件能够降低周围气压，从而能够更加精确地控制电子束。

现在的真空室配备先进的密封层、真空传感器以及高性能的气泵系统，以实现快速抽真空，并能加快处理时间。这一优势使得真空室中的电子束可以聚焦到 0.3~0.8mm 的直径。

通过引入用于高级部件控制的最新微处理控制和系统监控功能，可以将各种尺寸和各种体积的部件焊接在一起，而且不会引起更小组件的过多熔化。通过精密控制电子束直径和传输速度，可以焊接厚度从 0.001 英寸到几英寸的材料。以上这些优势使得电子束焊接成为了一项极为可靠的焊接技术。

电子束焊接过程对工件产生少量的热沉积，以保证最小的变形，因此无需再对成品部件进行额外处理。表 2 列出了电子束焊接的主要优点。

Enfield 公司市场营销兼销售总经理 John Rugh 认为，人们会在长时间内使用电子束焊接技术。他说：“由于大多数电子束焊接都是在真空室中进行的，因此该技术特别适用于焊接一些先进的材料，例如用于航空、发电、

医疗以及核工业中的材料。这些材料均需要在真空中制造加工，以避免受到开放环境中的氧气和氮气的影响。”

Rugh 还补充道：“电子束焊接中，用户不需要担心焊接环境的清洁程度。除了提供理想的焊接环境外，新的电子束焊接控制可以使电子束产生更快的电磁偏转，以便调整焊接区以及周围区域的热量输入，从而获得最佳的材料性质。”

例如，仅仅通过快速调整电子束位置、焦点以及功率，快速偏转技术能够同时实现预热、焊接以及焊后加热。这使得焊接“过去难以焊接、甚至是不可能焊接”的合金成为可能。

在用于柴油机引擎中的涡轮增压机制造中，电子束焊接的应用正日趋增长，这主要是因为该技术能够提高涡轮增压机的能效。涡轮增压机的作用是对进入柴油机引擎的燃料和空气混合物增压。

麻省剑桥郡真空工程通用公司的 Geoffrey Young 指出：“目前许多客车以及商用车的引擎都配备了涡轮增压机。通常涡轮增压机的制造商们采用常规的惯性摩擦焊接技术，将熔模 Inconel® 轮焊接到碳钢轴上。尽管这种焊接方法能够产生强度足够大的焊点，但是焊接后期的加工、打磨以及热处理操作成本高昂，并且非常费时。涡轮增压机制造商的另一个选择是采用电子束焊接，目前该技术已被多家领先的制造商所采用。”

Young 还补充道：“电子束焊接部件所需的焊后加工以及热处理最少，并且与其他熔合焊接过程不同的是，电子束焊接不需要保护气体。电子束焊接能够获得很好的焊接质量，可以对所有过程参数进行精确控制，并且整个过程可以完全实现自动化。”

表2：电子束焊接的优点

- 焊接在真空中进行确保无污染
- 更深的穿透深度和更高的径深比
- 能量吸收与材料或表面条件无关
- 热影响区与激光焊接类似
- 可以焊接常规焊接过程无法实现的耐高温材料和不同种类的材料
- 该技术已被广泛采用
- 许多焊接说明都包括该技术



Applications 应用天地

两种焊接技术的并用

电子束焊接和激光焊接都有着各自的优点,实际上,许多组件在设计的时候就考虑到了要在制造加工过程中使用这两种焊接技术。在这些情况下,在制造加工过程中采用这两种焊接技术无疑将加快制造过程。

John Rugh 指出,激光焊接通常用于焊接较薄的钢板部件和厚度在 1/3 英寸至 1/2 英寸之间的机加工部件。另外,激光焊接也适用于那些无法在真空中焊接的部件。

Rugh 表示:“一些部件以及它们相关的焊接夹具的尺寸可能太大而无法放进电子束焊接所使用的真空中。除了尺寸方面的问题外,如果待焊组件中包含能够对真空泵产生影响的液体,此时激光焊接便是很好的选择。”

如果焊接非关键部件或者焊接深度较浅,在这种情况下没必要使用成本更高、焊接质量更高的电子束焊接,此时同样可以选择激光焊接。电子束焊接开始前需要花几分钟的时间来抽真空,对于非关键焊接而言完全没必要浪费这段时间。

如果组件成本较高,并且焊接过程会受益于真空环境(例如焊接钛和镍合金)、或者焊接深度超过 1/3~1/2 英寸、或者激光束很难与焊接材料产生相互作用(例如铝合金),在这些情况下可以选择电子束焊接。

Rugh 例举了采用电子束焊接和激光焊接这两种技术的焊接实例——燃气涡轮部件的焊接,其中电子束焊接技术用于深度焊接和最小变形焊接,激光焊接技术用于金属板表面的细部处理。□

上接第22页

穿孔的板上就足以固定金属箔了。

“利用短脉冲激光切割的唯一限制就是工作区域较小、定位精度较低,这依赖于聚焦位置和扫描装置的校准。”Günter-Köhler-Institut Jena 的 Daniel Hubert 指出。对于厚度超过 100 μm 的膜层,该过程由于需要较长的加工时间而降低了经济实用性。

超短脉冲激光器具有小而窄的聚焦点,可用于切割小于 20 μm 的宽度。利用激光器切割芯片可以获得高得多的封装密度,使得它与传统技术相比,有可能在每个晶圆上获得大约两倍数量的芯片。皮秒激光也给支架切割带来了利好。与传统的生产工艺相比,皮秒激光不但能节省昂贵的材料和涂饰费用,并且

还减少了浪费。超短脉冲激光已经可以成功地切割硅晶圆,这使得获得更轻更薄的晶圆成为可能。

有了这些短脉冲和超短脉冲激光器,使得激光加工几乎对材料已经没有任何限制,并且能够获得最高的加工精度。未来,超短脉冲潜在的应用领域非常广泛,从生物组织到材料堆栈和复合材料的加工,尤其是加工 CFRP(碳纤维增强塑料)这种不容易处理的材料。在激光微加工研究方面,德国 3D-Micromac 公司是一家积极的推进者。2010 年,该公司曾邀请了微加工领域的专家们参加其举办的“第三届激光微加工国际研讨会”,与业内同人共同分享激光微加工的最新进展,下届大会将于 2012 年举办。□

中国驰名商标

ISO FDA CE JQA

<http://www.cnilaser.com>

长春新产业光电技术有限公司是1996年依托中科院长春光机所设立的高科技企业,主要从事半导体泵浦全固态激光器的科研、开发与生产。主要产品有绿光,蓝光,红光,黄光,红外,紫外,单频,调Q激光器等。公司通过了ISO9001认证,产品先后通过了欧洲CE认证、欧洲环境保护RoHS认证、美国FDA认证、日本JQA认证。

激光器、组件及附件



FN系列单频低噪声激光器



高功率连续波激光器



真空风冷AOM激光器



红绿蓝QDM激光器



785nm窄线宽半导体激光器



特殊波长激光器



一字线激光器



激光组件和附件

我公司近期将参加如下展会,约您同行:

- 2011年中国(北京)国际光电展览会(2011 CIPE)
2011年5月24日-26日 北京国家会议中心 展位号 A32
- 2011中国国际专业音响·灯光·乐器及技术展览会(PALM EXPO 2011)
2011年5月27日-29日 中国国际展览中心 展位号 2B413

中科院 长春光机所



长春新产业光电技术有限公司

地址:吉林省长春市高新区创新路668号

电话:0431-87032275

传真:0431-87020258

邮箱:info@cnilaser.com

网址:www.cnilaser.com



激光微加工

修整激光脉冲开创更多微加工应用

一种新的光纤激光器架构能够对输出脉冲在时间上进行调节，其不但能进一步改善现有的一些加工过程，并且还有望开创更多新的应用。

Mathew Rekow, Richard Murison

诸多创新的激光微加工过程正在越来越多的工业应用中中大显身手。新波长的出现、更短的脉冲持续时间、降低生产成本、提高产品可靠性，这些仅仅是驱动激光微加工应用增长的几个因素而已。过去，为新的应用开发一个最佳激光加工过程总是面临着这样或那样的问题，并且经常需要开发新的激光器才能获得最佳激光参数组合。人们很少注意到单一激光脉冲内的能量在时间分布上的微妙之处。一种新颖的主振功率放大器（MOPA）光纤激光器结构的诞生，克服了过去激光在多种微加工应用中受到的限制，并以其为核心形成了一个能满足大量应用需求的单一的激光平台。下面将介绍利用这种新的激光技术改善现有的微加工应用或实现新微加工应用的三个实例，同时也显示了这种技术在修整单个激光脉冲的时间能量分布、进而满足多种应用需求方面所具有的独特优势。

脉冲可修整的激光器

在下面将要介绍的三个应用中，使用的光源都是型号为 PyroFlex-25、功率 25W、波长 1064nm 的脉冲可编程光纤激光器^[1]。与传统激光器的不同之处在于，该光纤激光器允许其输出脉冲的持续时间在约 2 纳秒到几百纳秒之间变化，不受激光重复频率的影响，其重复频率可高达 500kHz。此外，每个脉冲都可以被任意编程，形成应用所需要的特定的激光功率时间分布。由这些编程的脉冲组成的脉冲序列，能够以较高的重复率应用于微机械加工过程中。

应用一：CIGS太阳能电池划刻

CIGS (CuInGaSe₂) 已经成为目前薄膜太阳能电池制造领域颇受欢迎的一种材料，其光电转换效率居各种薄膜材料之首^[2]。当然，每一种新材料的应用都伴随着新的挑战，CIGS 也不例外。尽管激光划刻在非晶硅太阳能电池和 CdTe 太阳能电池的单片互连中已经应用了很长时间，

其通常被称为 P1 层、P2 层和 P3 层划刻过程^[3]，但到目前为止，P2 层和 P3 层划刻过程并不适用于 CIGS。热效应将引起激光加工区薄膜的电导率增加，这将对太阳能电池的电气性能带来负面影响。即使是采用皮秒激光加工，也不能完全消除热效应带来的负面影响，依然会有融化的边缘和残渣现象出现（见图 1a）。

利用可编程光纤激光器的脉冲修整能力，能够在低纳秒区域存在一个狭窄的加工窗口，在该区域内进行 CIGS 薄膜划刻，几乎不产生任何热效应^[4]。图 1b 和图 1c 对比了在 CIGS 的 P2 层划刻时，将所有激光脉冲能量都束缚在一个 5ns 的过程窗口，以及有一小部分能量超出过程窗口这两种情况下的划刻图。后一种情况可能与具有较长时间尾的 Q 开关脉冲的情况类似。图 2 中对比了这两种情况下的激光脉冲形状。两种脉冲具有相同的能量和半高全

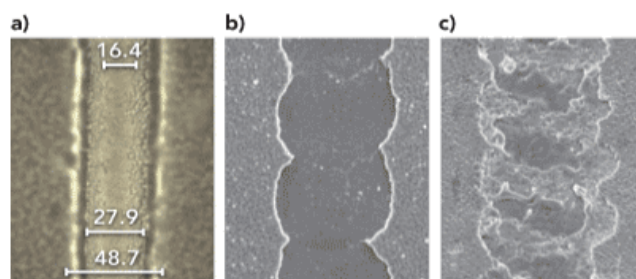


图1：不同条件下的CIGS激光划刻图：a) 用波长515nm的皮秒激光获得的典型的P3层划刻图；b) 一个优化的修整脉冲划刻的扫描电子显微镜图像；c) 修整脉冲划刻的扫描电子显微镜图像，此时脉冲的持续时间超过工艺窗口约5ns。

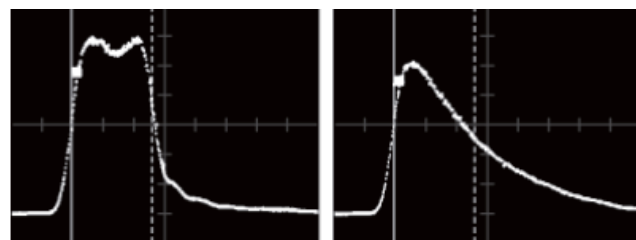


图2：一个“顶帽”激光脉冲和一个Q开关脉冲的比较，它们具有相同的能量和5ns FWHM持续时间，但却具有明显不同的时间能量分布。这两个脉冲都是通过PyroFlex-25脉冲可编程激光器产生的。



Applications 应用天地

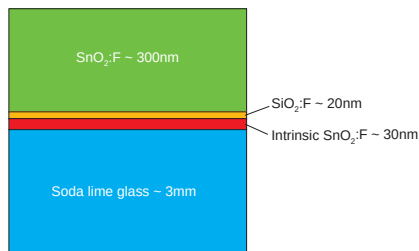


图3：TEC15玻璃典型的多层涂层结构。SnO₂:F层提供高导电性。TEC10玻璃也具有类似的结构，只是其SnO₂:F层更厚些。

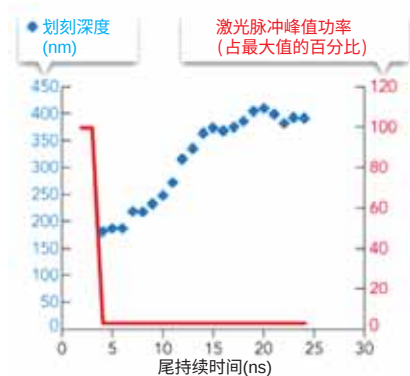


图4：激光脉冲输入能量图（红色）和由此产生的凹槽深度及其随时间的变化图（蓝色）。蓝色曲线大约在360nm深度处开始弯曲，这对应于在SnO₂:F-SiO₂交界处划刻速度发生了变化。

宽（FWHM），但能量的时间分布却明显不同。

应用二：CdTe太阳能电池划刻

CdTe 是薄膜太阳能电池组件生产中应用最为广泛的材料。激光划刻技术已经在 CdTe 薄膜太阳能电池的 P1 层、P2 层和 P3 层划刻中获得了非常成功的应用，并且行业中已经建立了一套标准的划刻过程。然而需要特别指出的是，P1 层的划刻会导致钠钙玻璃（SLG）基板暴露。这样一来，玻璃基板中的钠就可能扩散到 CdTe 中，这将对 CdTe 薄膜的性能产生负面影响^[5]。为了缓解这一问题，商业生产流程通常是在 CdTe 沉积步骤之后再行 P1 层划刻，由此产生的凹槽再用光阻（photo-resist）材料回填，这样既能阻止钠的扩散，又能为

涂覆的导电层提供机械支撑，防止后续的电气分流。在整个 CdTe 薄膜生产线成本中，光阻材料回填部分占据了相当大的比例。

若不是因为钠扩散问题，P1 层划刻应该在 CdTe 层沉积前进行，这样就不再需要光阻材料回填的步骤。通常用于制造 CdTe 太阳能电池的玻璃基板，就是用于建筑行业的所谓的 TEC 玻璃。TEC 玻璃的一个显著特点是：在一侧具有多层透明导电氧化涂层（TCO），以使该表面具有高导电性。图 3 显示了 TEC15 玻璃典型的表面涂层结构^[6]。目前的 P1 层激光划刻工艺通常去除玻璃基板上的全部三个涂层，这样就可能导致 CdTe 薄膜受到从玻璃基板中扩散出来的钠的影响。如果划刻过程能够仅去除 SnO₂:F 层、并在 SiO₂ 层终止，这样就能在玻璃基板和 CdTe 薄膜之间存在一个阻隔，从而缓解钠扩散问题。

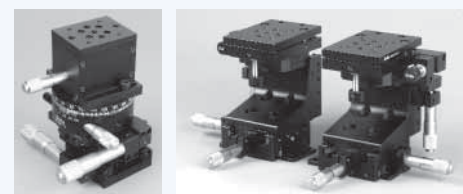
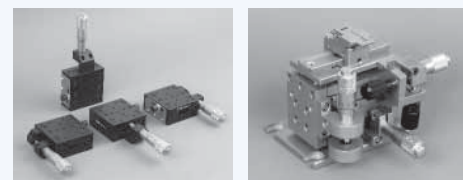
在探索新划刻过程中发现，用 1064nm 的激光划刻薄膜时出现了一个有趣的不寻常的现象：单脉冲划刻凹槽的深度仅仅是脉冲持续时间的函数，脉冲能量和峰值功率对最终凹槽的深度几乎没有影响。而且，划刻出的凹槽的底部也非常平坦。这些发现表明，SnO₂:F 层发生了化学分离，而且反应速率控制着凹槽深度增长的速度。一项基于 SnO₂ 生成焓的计算结果表明，应该采用能量大约 4μJ 的单脉冲分离 SnO₂，生产一个 25μm 直径的凹槽。鉴于这种计算没有包括热容量、融合热和汽化热，所以实际提供的激光脉冲能量应为 15μJ。此外，该反应是吸热过程，也就是说一旦热源被移除，反应就会停止^[7]。

这表明，如果能够对脉冲输入能量在时间上进行精确控制，则应该能

研发创新 快速反应
优质服务 终身保固

<http://www.zolix.com.cn>

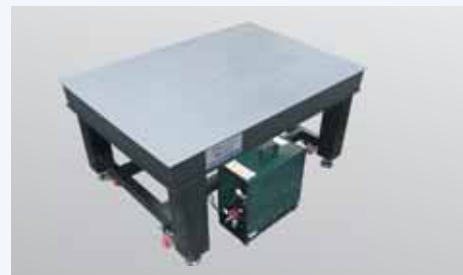
精密位移解决方案



高稳定光学镜架



精密隔振光学平台



Zolix 卓立汉光

北京卓立汉光仪器有限公司

地址：北京通州区八里桥南街5号 邮编：101149

电话：(010) 60535165 传真：(010) 60539014

<http://www.zolix.com.cn> e-mail: info@zolix.com.cn

深圳分公司: Tel: (0755) 83293053

上海分公司: Tel: (021) 62227575

成都分公司: Tel: (028) 68080921

西安代表处: Tel: (029) 88320872





应用天地

Applications

够精确控制划刻凹槽的深度。基于这项发现,将激光脉冲修整为如下特定脉冲:其在最初 2ns 具有高峰值功率以后动反应,经过 2ns 后,脉冲的峰值功率将依据经验修整到能够保持反应进行、并使凹槽深度增加的最小值,从而形成一个“椅子状”的激光脉冲能量图(见图 4)。

结果发现,脉冲的峰值功率可以减少 95% 以上,并且反应会继续进行直到结束。另外还发现,通过控制“能量尾”的持续时间,可以精确控制划刻凹槽的深度,控制精度可以达到几十纳米量级。

图 5 显示了凹槽的形态是如何随着“能量尾”的持续而演变的。目前该项目的研究仍在进行中。

应用三:硅晶圆切割与开槽

硅片的切割与开槽广受太阳能电池制造商和微电子产品制造商的高度关注。硅太阳能电池要求沿着电池的外围切开,作为最后一步完成发射体与背接触的电隔离,该步骤通常是用激光实现的。在微电子行业,随着晶圆变得越来越薄,激光切割技术正在取代传统的金刚石锯切割,成为芯片切割的首选方法。由于 1064nm 的激光具有相对高的热效应和穿透深度,因此 Q 开关紫外激光器正在成为芯片切割应用的理想选择;在边缘隔离应用中,其成本和加工吞吐量已经不逊色于高功率 1064nm 激光器和 CO₂ 激光器。

室温下,硅对 1064nm 激光的吸收率相对较低。当 1064nm 的激光脉冲与硅体相互作用时,大部分能量深入渗透发生热传导,形成一个更深的熔化区^[8],这不但导致加工效率较低,而且产生的残渣也较多。研究发现,如果在加工前引入一个功率非常低的

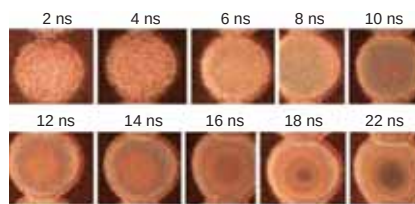


图5: 凹槽的形态随着脉冲“能量尾”持续时间的增加而演变的光学显微镜图。大约在12ns处, SnO₂:F 层被去除; 大约在18ns处, 剩余的SiO₂层和SnO₂层被穿透。

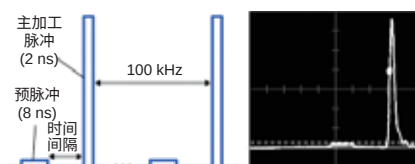


图6: 专为硅晶圆切割而修整出的激光脉冲。能量为100 uJ的主加工脉冲到来之前, 一个能量为5 uJ的预脉冲先对硅晶圆预热, 以增加其对主脉冲的吸收率, 并减小穿透深度。示波器显示了实际的脉冲形状(右图)。

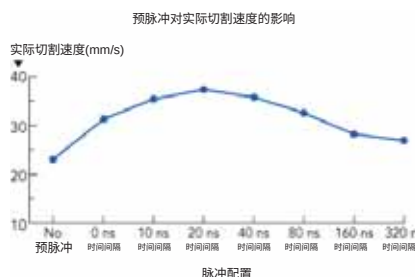


图7: 预脉冲与主加工脉冲之间的时间间隔对硅晶圆切割速度的影响。

“预脉冲”, 则能够使被加工材料的局部温度升高, 从而提高对光的吸收。因此在加工主脉冲到来之前, 利用光纤激光器的脉冲修整功能引入“预脉冲”, 将有望增加被加工材料对光的吸收系数。

为了验证这一构想, 研究人员配置了一套激光系统, 以 800mm/s 的速率多次扫描硅晶圆切割出宽度为 20μm 的凹槽。持续时间 2ns、能量 100μJ、频率 100kHz 的主加工脉冲序列, 决定了切割厚度为 50μm 的硅晶圆的平均切割速度。能量为 5μJ 的预脉冲持续时间为 8ns, 其用于预热硅晶圆以提高光吸收率。实验过程中可以改变预脉冲和主加工脉冲之间的时间间隔,

以寻求最佳加工效果。实验过程中使用的激光脉冲配置如图 6 所示。

实验结果表明, 当预脉冲的能量为总能量的 5%、与主脉冲之间的时间间隔为 20ns 时, 切割速度能明显提高到原来的 1.7 倍左右。从图 7 中也可看出, 预脉冲和主加工脉冲之间的时间间隔为 20ns 时, 具有最佳的切割速度。此外, 引入预脉冲后, 硅晶圆的切割质量也有了提升, 残渣数量明显减少, 切割边缘平整度明显改善。

结论

以上三个应用清楚地显示了控制激光脉冲在时间上的变化为激光加工带来的福音。应用一中, 通过将激光脉冲限制在 5ns 的时间内、产生一个“矩形”脉冲, 为 CIGS 薄膜太阳能电池制造过程中的 P2 层和 P3 层的划刻发现了一个以前不为人知的窄加工窗口。应用二中, 通过控制输入脉冲能量在时间上的变化, TCO 材料被精确地从玻璃基底上去除; 通过改变“脉冲能量尾”的持续时间, 凹槽深度的精度可以控制在几十纳米量级。应用三中, 通过增加一个能量非常低的预脉冲、进而增加硅晶圆对主脉冲的吸收率, 最终提高了硅晶圆的切割速度。

这三个应用也证实, 通过控制激光脉冲在时间上的变化, 能够对最终的加工结果产生深远的影响, 在某些情况下能够创建新的加工过程, 在某些情况下能够进一步改善现有的加工过程。无论是哪种情况, 脉冲修整能力都使我们对激光与物质的相互作用过程有了一个更深入、更彻底的理解。□

参考文献:
详见网络版。





依托核心优势 提供优质光谱仪及光谱学解决方案

——访北京爱万提斯科技有限公司总经理张志伟博士

本刊编辑部

北京爱万提斯科技有限公司是一家业界权威的微型光纤光谱仪制造商，致力于为中国广大的科研、工业以及 OEM 用户提供优质的光纤光谱仪以及相关的光谱学解决方案，孜孜以求地为中国光谱仪市场的发展贡献着自己的力量。最近，本刊有幸采访到了该公司总经理张志伟博士，听他讲述了公司从成立到发展壮大的精彩故事。

中国公司的诞生

早在 2004 年，北京晨辉日升光电技术有限公司作为荷兰 Avantes BV 公司的代理商，将其高质量的便携式光纤光谱仪引入了中国市场。Avantes 从事光纤光谱仪的研发、生产已有 18 年之久，是微型光纤光谱仪领域的权威供应商，其产品广泛应用于物理、化学、生物制药、新能源等离子体测量、遥感、半导体制造和食品加工等诸多科研及工业领域。

在进入中国市场后的几年中，Avantes 光谱仪赢得了中国用户的青睐，销售业绩突飞猛进。为了更好地开拓中国市场、为中国用户提供更好的服务，2007 年 5 月，荷兰 Avantes BV 公司和北京晨辉日升光电技术有限公司合资成立了北京爱万提斯科技有限公司（Avantes China）。

公司成立后迅速完成了中国市场

布局，在北京设立总部，集研发、生产、销售和技术支持于一体；在上海、深圳、成都设立销售办事处，郑重承诺在 24 小时内响应客户需求。公司成立以来，销售额每年都以超过 50% 的速度迅速增长。张博士踌躇满志地表示，爱万提斯的发展目标是在今后 2-3 年内，将公司规模发展到 30-50 人，年销售额达到 5000~6000 万人民币。

核心优势支撑

产品的质量和性能是一个公司立足并发展的基石。众所周知，光纤光谱仪的优势在于其体积小、能够实现在线测量。实现光谱仪小型化很容易，但是小型化之后如何还能保持大型光谱仪所具有的性能，这才是展现制造商核心优势之所在。Avantes 一直在产品设计中致力于探索这个问题，并且已经在产品和技术上形成了以下独特优势：

(1) 强大的通信功能：由于光纤光谱仪的主要应用是在线应用，对光谱仪与生产线上其他设备间的通信能力要求很高。爱万提斯的光谱仪均采用 USB2.0 平台，最高可实现每秒 8000 个光谱的采样速率，并且标配 HD-26 接口，可提供模拟及数字输入/输出、触发、同步等功能，全面满足在线测量需求。

(2) 超低杂散光设计：ULS 型



北京爱万提斯科技有限公司总经理张志伟博士

超低杂散光光谱仪将杂散光降到了 0.04%，这一点对于那些微弱信号检测和需要长积分时间的应用而言尤为重要。

(3) 高分辨率：爱万提斯光谱仪采用对称式 Czerny-Turner 光学平台设计，而非交叉光路设计。这种对称式光路设计的优点是可以在整个光谱范围内实现很高的分辨率，没有像差。而交叉光路设计会引入像差，造成分辨率降低。

(4) 多通道光谱仪：为满足那些既需要大光谱范围、又需要高分辨率的应用，爱万提斯多通道光谱仪应运而生。其并非简单地将多个单台光谱仪并联起来，而是将它们做到一个机箱内，并保持每个光谱仪通道间能够同步采样。

(5) 温度及机械稳定性：新型 ULS 光谱仪采用整块材料加工而成，



A&P INSTRUMENT®
科藝儀器
www.anpico.com
专业 · 品质 · 服务

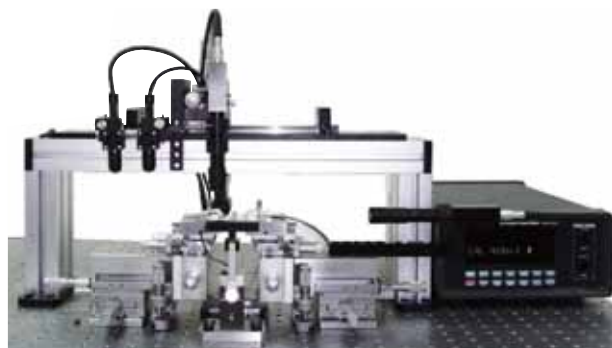
为您提供激光、光学和精密测量 定位产品及系统的整体解决方案

Apico手动耦合系统<针对光波导器件耦合封装而设计>



特点：

- 体积小、精度高、操作简单，性价比高
- 采用美国Newport超高精线性位移台
- 模块化设计，可无缝升级至压电陶瓷驱动和半自动对准系统
- 主要应用于硅光波导耦合、分光器、AWG、准直器、特殊光纤等相关光路耦合



Smart-Parallel Pro
快速端面平行自动调整软件



定制系统



压电陶瓷电动耦合系统



Apico的图片

精密定位和运动控制产品



手动/电动平移台



光纤对准平移台



手动/电动转台



高性能的光学平台



精密位移促动器



运动控制及驱动器



高功率OEM光纤激光器

- 专为OEM用户设计，体积小巧
- 集成红光指示，光电转换效率>30%



redEnergy系列脉冲光纤激光器

- 功率范围10-40W
- 主要用于打标和微加工



redPower系列高功率光纤激光器

- 功率可达400W
- 主要用于微加工、精密切割和焊接等



科艺仪器为以下品牌提供销售及服务

产品咨询热线 ☎ 400-886-0017

香港 · HONGKONG T:(852)27556578 F:(852)27554549 info@anp.com.hk	台北 · TAIWAN T:(886)229531646 F:(886)229539863 anptw@anp.com.hk	新加坡 · SINGAPORE T: (65)62413359 M:(65)90900909 anpsg@anp.com.hk	深圳 · SHENZHEN T:(0755)82202428 F:(0755)82202438 anpsz@anpico.com	成都 · CHENGDU T:(028)85216348 F:(028)85242667 anpcd@anpico.com	武汉 · WUHAN T:(027)87591299 F:(027)87591239 anpwh@anpico.com	上海 · SHANGHAI T:(021)55233800 F:(021)55233811 anpsh@anpico.com	广州 · GUANGZHOU T:(020)81082921 F:(020)81083901 anpgz@anpico.com	北京 · BEIJING T:(010)62074835 F:(010)62077434 anpbj@anpico.com
--	---	--	---	--	--	---	--	--



温度稳定性达到并优于 0.1 象元/°C, 机械稳定性优于普通光谱仪 10 倍以上。

凭借以上几大核心优势, 爱万提斯的光谱仪逐渐在行业中确立了领先地位, 为其在中国市场的快速发展提供了核心支撑。

交钥匙型服务

除了核心的技术优势外, 服务对于一个公司的发展也是举足轻重。随着市场的发展, 光纤光谱仪不但应用领域越来越广, 而且应用需求也不断变化, 如何跟随市场变化, 满足用户需求也是公司向向前发展的一个关键因素。

张博士表示, 随着市场的拓展, 光谱仪的用户群已经从以科研用户为主悄然向以工业和 OEM 用户为主转变。与科研用户相比, 工业和 OEM 用户均以应用为导向, 可能他们对光谱仪本身并不了解, 而只是关心光谱仪能否解决他们的问题。在这种情况下, 就要为用户提供一整套的“交钥匙型”光谱学解决方案。

目前, 要求“交钥匙型”方案的用户越来越多, 而且涉及的应用领域也是千差万别, 这要求销售团队不但要对自己的产品了然于胸, 还要深入理解用户的应用需求。为此, 张博士要求销售团队苦练内功, 通过举办讨论会讨论新技术与新应用、听取技术人员的建议、同事间经验分享等多种方式, 来提升销售团队的综合实力。

为更好地服务工业和 OEM 用户, 公司还将 2011 年定为“OEM 用户和工业用户年”。为进行光谱仪应用系统研发, 爱万提斯专门组建了具有专业知识技能的销售、技术支持和研发团队, 其中包括光路设计、电路设计、机械设计、软件编程等方面的专业人才。目前, 公司已经为多家用户提供

了“交钥匙型”光谱学解决方案, 并赢得了用户好评。

此外, 爱万提斯还建立了完备的客户跟踪流程。针对用户的需求, 公司会就项目可行性讨论、风险、时间进度、费用等情况进行评估, 并将评估结果反馈给用户。若项目可行, 公司将成立项目组, 由一个专业团队为用户提供服务乃至增值服务。

张博士强调: “一个公司光有好的产品还不够, 还要能够为客户提供定制解决方案, 并具有完善的客户管理和支持系统, 这样才能保证为不同的客户提供科学合理的解决方案。”

产品应用

爱万提斯的产品已经广泛应用于物理学、化学、材料分析、生物医学技术、色度学、食品科技、在线过程控制、辐射度学、薄膜分析等多个领域。

爱万提斯是最早进入 LED 分光机市场的光谱仪厂商, 并以精准的测试优势赢得了用户的认可。目前, 公司主要为 LED 终端用户提供定制的测试解决方案。

等离子体测量是爱万提斯牢牢掌握的一个市场。该类应用对分辨率要求极高, 同时又要求测量的光谱范围宽, 爱万提斯的多通道光谱仪无疑是此类应用的不二之选。每个信道间的同步采样功能, 配合一分多光纤束, 使得原位等离子体测量变得非常容易。

在目前炙手可热的太阳能制造领



域, 爱万提斯光谱仪的应用包括: 太阳总辐射量测量以便太阳能发电厂选址、太阳能模拟器匹配度测试、太阳能电池板薄膜厚度测量等。

此外, 公司的产品还广泛应用与化学及医药领域、环境保护、半导体制造等诸多领域。

市场与展望

谈及市场竞争, 张博士表示, 爱万提斯一直秉承着合理竞争、共同发展的理念, 坚持差异化发展策略, 立足核心优势为高端用户提供高性价比的优质光谱仪及光谱学解决方案, 避免低价竞争策略。

当然, 光纤光谱仪在中国市场的应用尚处于初级阶段, 难免会出现恶性价格竞争, 破坏市场的良性发展。但是, 随着市场的发展完善, 企业发展和竞争的焦点将转向核心竞争力和自主知识产权, 这也正是我们希望看到的。

目前中国的光纤光谱仪产业仍然属于一个朝阳产业, 未来市场会越来越广, 光纤光谱仪将涉足许多新的应用领域: 如环境、食品安全、自动化的检测设备等。未来光纤光谱仪市场的前景一片光明。

最后, 张博士表示: “爱万提斯对光谱仪市场有着清醒的认识, 我们会苦练内功, 树立品牌, 努力扩大市场份额, 培育新兴应用领域, 与同行一道把中国的光纤光谱仪市场做大做强。” □





新品展示 New Products

TimerPRO软件为差分泵系统提供微秒级控制

美国 BNC 公司 (Berkeley Nucleonics Corp) 推出附带 TimerPro 软件的 Model 725 型多触发脉冲发生器, TimerPro 是一款方便的软件, 用于 8 路输入、8 路输出和 8 路触发的可视控制。该脉冲发



生器外形尺寸仅为 20.8cm×24.2cm, 是腔体和远程操作的理想选择。在无附加仪器和电缆的情况下, 具有用图形相互关联 8 路输入和 8 路输出的能力, 提升了测试功能。

对于差分泵系统, TimerPRO 可控制延迟和阀门, 转换线圈和偏转板。通过使用单台 PC 机可以存储设置参数或进行动态系统修改。定时单元将为用户把光脉冲发送到腔体内进行光存储, 并在恰当的时候将此光传输到第二个腔体, 然后从第二个腔体发射光。整个过程是可控并可重复。

该系统包括 8 个独立的具有亚微妙级水平的定时处理器。每个定时器可运行在以下 8 个模式之一: 固定输出、输出等于输入 (被动模式)、触发后延迟脉冲输出、计时脉冲流、有效触发输入 (噪声抑制)、动态延迟脉冲、定时输出和切换输出。 www.berkeleynucleonics.com

KLASTECH革命性的442nm固体激光器

KLASTECH 公司推出其新型 Concerto[®] 激光器, 输出波长为 442nm。目前该产品已经进入量产阶段, 输出功率超过 100mW。凭借卓越的高斯光束质量和超低的噪声, Concerto 为该波段的生物荧光应用提供了新选择。

该款激光器还具有固有的单频性能, 从而使其成为拉曼和其他光谱应用的理想选择; 而在这类应用中, 半导体激光器通常缺乏必要的窄线宽。对于那些仍然依赖体积较大的 He-Cd 激光器、并且需要长相干长度的应用, Concerto 能够提供大于 100 米的相干长度, 这使其成为全息术、光盘母版及快速原型制作等应用的理想选择。 www.klastech.com



JK Lasers公司500W 连续光纤激光器

JK Lasers 公司发布新款 JK500 FL 光纤激光器, 其提供 500W 的连续输出和单模光束质量, 并带有公司专利的背向反射保护功能。该产品将使制造商能以更高的精度和更高的速度加工范围更广的材料。

JK500FL 非常适合切割厚度达 3mm 的金属工件, 并

能保证较高的切割速度和良好的切割质量, 能大幅提升工件的加工效率。该公司预计 JK500FL 激光器能满足 80% 的金属切割应用需求。



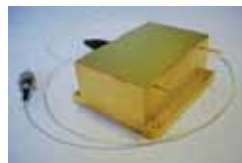
JK500FL 产品结构紧凑, 可机架安装, 并采用水冷方式, 维护简便。另外, 该模块化系统与 JK Lasers 公司用于切割和焊接的标准 JK 光纤激光器工具兼容, 其中包括通用的扫描头系统。该产品将于 2011 年 5 月上市。

www.gsiglaser.com

Frankfurt Laser公司FBLD-9XX-50.00-2Pin泵浦激光二极管

德国 Frankfurt Laser 公司推出的新型 FBLD-9XX-50.00-2Pin 光纤耦合激光二极管, 专为泵浦镜光纤放大器和镜光纤激光器而设计。

该二极管输出功率为 50W, 输出光纤芯径 105μm, 数值孔径为 0.15 或 0.22, 可输出波长为 915nm、940nm 和 976nm 的近红外光。该二极管集高效率、高亮度、高稳定性和优异的光束质量于一身, 适合在国防、工业和电信应用中的各种恶劣环境下使用。除了泵浦应用外, 该产品还可用于医疗、生命科学、精密焊接和材料加工等领域。



www.frlaserco.com

住友电工新型脉冲光纤激光器

住友电工推出的新型脉冲光纤激光器, 在拥有可调节脉冲时间、高峰值功率等特点的同时, 还能够保证高光束质量。该激光器的多功能性, 可为用户在不同的应用领域提供最佳选择。此款创新的微材料加工工具, 融汇了住友电工在光纤以及电信等领域特有的优势。



该光纤激光器可提供 50kW 以内的峰值功率, 脉冲重复频率为 50kHz~1MHz, 脉冲持续时间在 1~20ns、100ps~1ns 和 0.5~1.0μs 三个范围内可以调节, 并能提供近乎完美的光束质量。

该产品的应用领域包括太阳能电池加工、激光打标、激光划线、激光表面微造型、激光微焊接以及激光微机械加工等。 www.sei.co.jp





New Products 新品展示

Newport小巧可靠的Explorer® XP 532-5一体化全固态激光器

Newport Spectra Physics 最新推出的 Explorer® XP 532-5 风冷型工业级激光器, 输出波长 532nm, 输出功率可达 5W, 是 Explorer® 系列激光器的升级版。该产品集激光头与驱动电源于一体, 体积小、重量轻且牢固可靠, 极易与设备集成, 是移动式加工设备的理想光源。



Explorer XP 激光器具有超短脉冲和极佳的光束质量, 其工作重复频率可从单脉冲跨越至 300kHz, 光束质量 $M^2 < 1.1$, 具有极高的聚焦能量密度, 进而能获得较深的聚焦深度。Spectra Physics 专利的内腔倍频设计提高了绿光转换效率, 卓越的脉冲-脉冲稳定性和光束质量确保了加工工艺的一致性和高产能。

产品的应用领域包括薄膜太阳能电池 P2/P3 的划刻、C-Si 太阳能电池制造中的选择性激光消融、陶瓷划片、LED 芯片标刻、激光调阻、内存修复、微加工与打标以及激光雷达等。www.newport.com

爱特蒙特光学TECHSPEC®紧凑型内置远心镜头

爱特蒙特光学推出全新的 TECHSPEC® 紧凑型内置远心镜头。这些多功能镜头采用超紧凑设计、体积小, 可轻松集成到非常狭小的空间中。镜头支持大尺寸传感器, 甚至可应用于前置照明, 进而提供最佳准确性和分辨率。

镜头提供绝佳的远心度、更小的畸变, 其内置端口接受 1/4 英寸甚至更小的光纤光导, 是成像反射物体和电子组件的理想选择。



镜头在设计上充分考虑了用户需求, 可提供各种工作距离/放大选项。镜头具有固定光圈和固定对焦, 适用于工厂车间和组件线的实施, f/# 和对焦随着时间的变化仍会保持固定, 无需任何调节, 节省时间和资源。镜头适合于多种应用, 从单一单元检测站到大批量制造。

www.edmundoptics.com

长春新产业50mW/561nm单纵模激光器

长春新产业光电技术有限公司 (CNI Laser) 近期发布了新款 MSL-FN 系列 561nm 单纵模激光器, 其提供

50mW 的黄绿光连续输出, 并具有单模光束质量 (TEM_{00})、低噪声 ($<0.5\%$, 峰峰值, 1~20MHz)、单纵模、窄线宽等特点。该产品结构紧凑, 可靠性高, 免维护, 操作非常方便。



该激光器可用于共焦显微镜、细胞排列以及拉曼光谱等应用领域, 其卓越的光束质量和窄而稳定的光谱特性, 使其在多种应用的理想选择。

www.cnilaser.com

海洋薄膜SpectroCam多光谱成像仪

为实现实时有机化学品和无机化学品成像, 海洋薄膜公司 (OTF) 推出了 SpectroCam™ 系列产品, 该系列产品为研究人员和工程人员提供了一个平台, 既能简化设计环节, 又能加速产品上市日程。

SpectroCam 系列产品使用单独的宽频带电荷耦合组件, 可测量紫外到近红外波长的光谱。通过使用一套分离的应用型波长, SpectroCam 能创造高分辨率的图像。这种指定的波普分析方法所产生的视觉数据可应用于军事、农业、医药和工业等多个领域。



SpectroCam 系列成像仪可用于套件开发, 包括波长最普通的成套滤光器。滤光器和探测器也能根据特定需求定制, 摄像机仅通过简单的重新配置就能满足光学电子显微镜的应用需求。SpectroCam 系列为任何多光谱成像和感应项目提供了高性价比的通用解决方案。

www.oceanthinfilms.com

德国DILAS最新迷你型半导体激光器系统

德国 DILAS 公司最新发布一款基于光纤耦合模块的便携式半导体激光器系统。产品的尺寸仅为 336mm×144mm, 可提供 793nm、808nm、880nm、940nm、976nm 等多种波长, 采用芯径 400μm 的光纤输出时, 功率高达 50W; 采用芯径为 100μm 或 200μm 的光纤输出时, 功率为 35W。该系统不仅支持传统串口和 24V 信号的控制模式, 甚至可通过 USB 接口由特定软件控制。





北京凯普林光电

中国的光纤耦合专家

高亮度光纤激光器泵浦源

波长: 915nm, 940nm, 976nm

出纤功率: 10W ~ 100W

光纤芯径: 105 μ m

数值孔径: 0.15 or 0.22 N.A.

防反射保护: 1040nm ~ 1100nm



北京凯普林光电科技有限公司

地址: 北京丰台科技园区航丰路甲4号6层 邮编: 100070

电话: 010-83681052 传真: 010-83681077

邮箱: sales@bwt-bj.com

<http://www.bwt-bj.com>





New Products 新品展示

该系统具有简单的 OEM 版本（无外壳）和带外壳的便携式版本，并附带 5 米长的光纤以及 SMA 接头。此外，该系统还集成了红光指示、功率反馈、光纤插拔报警和光纤温度探测等工业标准功能。该系统可连接各种工业加工配件，如不同光斑尺寸或不同工作距离的激光加工头。

该系统可广泛应用于材料加工领域，如用于塑料的精细软焊与焊接，同时也可用于照明以及科研领域。

www.dilas.com

爱特蒙特光学TECHSPEC®激光直角棱镜

爱特蒙特光学推出 TECHSPEC® 激光直角棱镜，这些多功能光学产品在波长设计上反射率小于 0.25%，是工业和低功率激光应用（包括光束偏转和激光校准）的理想选择。棱镜采用精密的 N-BK7 制造而成，角度公差小，广泛用于可见光以及 NIR 波段。



TECHSPEC 激光直角棱镜常用于弯曲图像路径或将光路转折 90°。这将产生一个左旋性图像，并可根据棱镜的方向翻转或反转图像。直角棱镜也可用于图像 / 光束偏移等应用，作为光学系统的一部分。

TECHSPEC 激光直角棱镜可提供氦氛和二极管激光源的镀膜。该棱镜可提供六种规格，从 10~50 mm，以及 405V 型镀膜、633V 型镀膜或 785V 型镀膜。V 型镀膜是指形状由反射曲线制作而成，其带宽比宽带镀膜更窄。产品为现货供应，可立即交付。www.edmundoptics.com

长春新产业671nm单频激光器

长春新产业光电技术有限公司发布了一款 MSL-FN 型 671nm 红光单频激光器，研发人员在原有 MSL-III 红光单频激光器的基础上进行了优化设计，使得激光器的性能更加稳定，激光输出功率达到 400mW。



该激光器为单模输出， M^2 因子小于 1.1，出光孔光斑 2mm，光束全角发散角为 1.2mrad，输出功率稳定性小于 1%，激光器噪声振幅小于 0.5%，窄线宽，相干性好，偏振性好。此激光器的最大特点是宽温度范围，工作温度可在 0~50°C 间变化，对工作环境要求不敏感。www.cnilaser.com

海洋光学Torus系列高透光率、低杂散光全息凹面光栅光谱仪

海洋光学推出像差校正全息凹面衍射光栅光谱仪 Torus 系列。该光谱仪具有透光率高、杂散光更低、热稳定性好的特点，可用于液体、固体等的吸收、荧光测量。

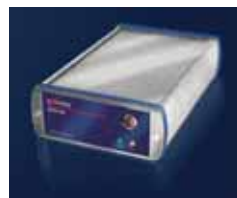


Torus 系列具有较高的光学分辨率（ $<1.6\text{nm FWHM}$ 、 $25\mu\text{m}$ 狭缝）和优良的热稳定性（0~50°C 范围内更小的波长漂移，峰型保持基本一致）。Torus 系列可通过 USB 接口与计算机进行交互控制，可根据客户需要更改狭缝、滤光片及其他配件来优化配置；也可通过 C-mount 接口与显微镜配合使用。

Torus 系列使用海洋光学的 Spectrasuite 光谱操作软件进行操作与分析，还可用于 Windows、Macintosh 及 Linux 操作平台，并与海洋光学的 OmniDriver、SeaBreeze 软件开发平台兼容。www.oceanoptics.com

Avantes公司AvaSpec-SensLine高灵敏度光谱仪

AvaSpec-SensLine 系列光谱仪是 Avantes 公司为满足荧光、弱光和拉曼光谱研究等高端应用而开发的高性能产品，采用了革新的超低杂散光技术（ULS）和新型高灵敏度光学平台（HS）这两项核心光学技术，集高稳定性、高灵敏度、高采集速度以及低噪声等特性于一身。



该系列包括六款产品，其中四款基于薄型背照式探测器技术，另两款基于标准型 CCD 探测器、并同时采用公司最新改进的探测器制冷技术。产品所采用的薄型背照式 CCD 探测器都具有极高的量子效率，在 200~1160nm（UV/VIS/NIR）波长范围内具有卓越的响应特性。

该系列采用 Avantes 公司现有的光学平台，可制成独立的单通道光谱仪或多通道光谱仪，并与公司其他型号的 AvaSpec 光谱仪如 StarLine 和 NIRLine 兼容。该系列既可用于实验室中，也可作为 OEM 模块集成于客户的系统中。

www.avantes.cn

Newport高性能低成本的Mosaic™532-11激光器

Mosaic 532-11 是 Newport Spectra-Physics 最新推出





新品展示 New Products

的一款 11W 绿光激光器，其满足了工业市场对高可靠性、高产能、低成本的需求。Mosaic 系列激光器在继承 HIPPO 系列激光器优点的同时，特别针对微细加工应用而设计，几乎不需要任何维护，适用于对寿命要求苛刻的 24/7 工业制造环境，是太阳能电池加工、PCB 成型、半导体晶圆加工以及玻璃、陶瓷材料精密加工的理想选择。

Mosaic532-11 的脉冲宽度小于 15ns，峰值功率高达 22kW，加工过程清洁，对工件热损伤小，其卓越的光束质量、优异的脉冲稳定性保证了始终如一的加工效果和高效产能。Mosaic 采用公司的专利技术，允许用户柔性调节脉冲能量大小以满足特定需求。此外，Mosaic 激光器采用光电一体设计方案，较市场上同等功率的固体激光器更小巧、更容易集成到加工设备中。www.newport.com

德国DILAS高功率半导体激光器均匀照射光

德国 DILAS 宣布为均匀光照提供光源解决方案。均匀照射在热处理及医疗应用中的地位日趋重要。DILAS 采用专利的交叉微透镜阵列来实现半导体激光发光点的重新排列。这个概



念是激光脱毛以及皮肤科应用等医疗应用的理想解决方案，并且在工业生产中的热处理方面也有着突出表现。

通过这项创新技术，当工作距离为 62mm、输出光斑为 12mm×12mm 时间，光斑的能量密度均匀化性能达到 95%。这种正方形光斑对于大片无重叠区域以及高覆盖率区域的栅格化非常有效。另外，DILAS 还可以根据用户需求定制其他几何形状的光斑。

该均匀光学系统适合于各种快轴准直半导体激光束，可与 DILAS 的各种产品连接，在毫秒范围内提供高达 1kW 以上的脉冲功率。www.dilas.com

QPC Lasers公司1908nm光纤耦合半导体激光器

QPC Lasers 公司的 1908nm 高功率光纤耦合半导体激光器模块，提供 40W 的连续输出功率、优异的频谱特性和较高的效率，能够实现 Ho:YAG 泵浦、中红外产生、塑料焊接和激光理疗等多种应用，是工业、医疗和国防应用的理想选择。

基于可靠的 InP 材料和采用公司独特的片上 Brightlock 波长稳定技术，该激光器能在室温下达到 25% 的峰值效率，线宽小于 2nm，并且波长的温度稳定性为 0.2nm/°C。

该激光器模块还提供以下选件，包括指示光束、光纤传感器以及光电二极管。另外，针对高功率泵浦应用，还可提供各种微信道水冷叠阵配置。www.qpclasers.com

Fianium高脉冲能量超快全光纤激光器HE1060系列

Fianium 公司最近推出了高脉冲能量超快全光纤激光器 HE1060 系类。HE1060 系列是基于锁模光纤种子源进行放大产生的超快全光纤激光器，其具有优良的光束质量和指向稳定性，可适用于各种不同的工业环境。其能提供高于 10μJ 的脉冲能量和低于 10ps 的脉冲宽度，使精确加工那些传统上非常难于精确加工的材料（如聚合物、玻璃、有机物和高反射率金属等）变得切实可行。

HE1060 系类基于模块化设计，采用行业内标准的 19 寸机箱架和远程独立式激光输出头设计。而且，通过远程激光输出头部分的调制器，使激光满足从单一脉冲输出到重复频率为 20MHz 的脉冲输出，脉冲也可以通过调制器整形。

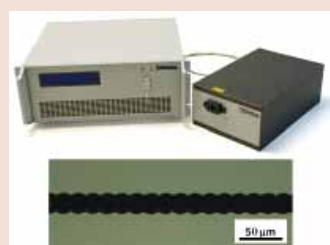
如客户需要，Fianium 还可通过压缩提供脉冲低于 500fs 的 HE1060-fs 系列，其峰值功率可达到 5MW。而且，通过倍频转换到绿光或三倍频转换到紫外波长，能进一

步拓展该系列产品的应用范围。

HE1060 系列的高峰值功率和低占空比保证了激光精密冷加工的可行性，能够大幅减弱传统激光加工过程中由热

效应引起的熔化以及微裂纹现象。加之 HE1060 激光器本身无与伦比的光束质量，更加确保了加工的精细度。Fianium 市场与销售副总裁 Colin Seaton 评论：“HE1060 激光器灵活与独特的脉冲能量、脉冲宽度和重复频率特性，能够满足绝大多数材料的精密微加工要求（如飞秒眼科手术、超薄蓝宝石以及薄膜材料切割等）。与传统的 DPSS 激光器与超快固体激光器相比，HE1060 系列无疑能让用户更快、更好、更经济得实现精密加工。”

www.fianium.com



图：CIGS薄膜太阳能电池P1层加工效果。





CIOE CLEO 2011

时间: 2011年9月6-9日
Welcome to Our Booth: T505

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

三十多年的创业历程, 公司逐步发展了熔盐法, 提拉法和水溶液法等多种晶体生长技术, 开发了IAD, IBS, E-Beam等多种镀膜制备工艺以适应不同的应用需求。此外, 公司的检测技术和设备也处于业界领先地位, 拥有Zygo, Nikon, Trioptics等各类先进检测仪器。公司产品80%以上出口美、日、德等国家和其他地区, 深受国际业界的广泛推崇。

公司新大楼



产品系列

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

CASTECH INC.
福建福晶科技股份有限公司

地址: 中国福建省福州市杨桥西路155号 邮编: 350002
电话: 86-591-83710533 传真: 86-591-83711593
Http://www.castech.com E-mail: sales@castech.com



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
Alpha, Route Des Laser		www.routedeslasers.com	22
Avantes China	北京爱万提斯科技有限公司	www.avantes.cn	25
BWT Beijing Ltd.	北京凯普林光电科技有现公司	www.bwt-bj.com	36
Castech Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	39
Changchun New Industries Optoelectronics Tech Co., Ltd.	长春新产业光电技术有限公司	www.cnilaser.com	27
Daheng New Epoch Technology Inc.	大恒新纪元科技股份有限公司光学薄膜分公司	www.dahengoptics.com	3
Edmund Optics Singapore Pte Ltd.		www.edmundoptics.cn	14
II•IV Trading (Suzhou) Co., Ltd.	贰陆进出口(苏州)有限公司	www.ii-vi.com.cn	9
Newport Corporation (Spectra-Physics, A Newport Corporation Brand)		www.newport.com/mosaic	4
nLIGHT Laser (Shanghai) Co., Ltd.	恩耐激光技术(上海)有限公司	www.nlight.net	1
Ocean Optics (Shanghai) Co., Ltd.	蔚海光学仪器(上海)有限公司	www.OceanOpticsChina.cn	5
Opto Taiwan	国际光电大展	www.optotaiwan.com	IBC
Pinnacle Scientific (China) Corporation	顶尖科仪(中国)股份有限公司	www.psci.cn	17
RAYLASE Laser Technology (Shenzhen) Co., Ltd.	瑞镭激光技术(深圳)有限公司	www.raylase.cn	2
Shanghai Keming Instruments Co., Ltd.	上海科铭仪器有限公司	www.anpico.com	32
Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.	深圳市瑞丰恒科技发展有限公司	www.rfhlasertech.com	7
Stanford Research Systems		www.thinkSRS.com	BC
The 13th China International Optoelectronic Expo	第13届中国国际光电博览会	www.cioe.cn / www.optochina.net	IFC
Zolix Instruments Co., Ltd.	北京卓立汉光仪器有限公司	www.zolix.com.cn	29

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)

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

Publishing Director (出版总监)

Adonis Mak (麦协林)
adonism@actintl.com.hk

Publisher & VP of Sales & Marketing
(社长及销售副总裁)

Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk

General Manager - China
(中国区总经理)

Michael Tsui (徐旭升)
michaelt@actintl.com.hk

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

US Offices

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

Group Publisher
Christine Shaw
christines@pennwell.com

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

销售人员 Sales Offices

China (中国)

Hong Kong (香港特区)

VP of Sales & Marketing (销售副总裁)

Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

Shenzhen (深圳)

Sales Director-China (中国区销售总监)

Angela Zheng (郑晓勤)
angelaz@actintl.com.hk
Tel: 86 755 2598 8571

Beijing (北京)

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

Shanghai (上海)

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

Asia (亚洲)

Japan (日本)

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

Taiwan (台湾地区)

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

Singapore, Malaysia

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

North America (北美)

New England, Eastern Canada

Diane Donnelly
dianed@pennwell.com
Tel: 1-508-668-1767

Southeast, Midwest, Mid-Atlantic

Jeff Nichols
Jeffn@pennwell.com
Tel: 1-413-442-2526

US-West and Western Canada

Paul Dudas
pauld@pennwell.com
Tel: 1-949-489-8015

Inside Sales-Reprints

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

Europe & Middle East
(欧洲及中东)

United Kingdom, Scandinavia

Tony Hill
tonyh@pennwell.com
Tel: 44-1442-239547

France, Belgium, Spain, Greece,
Portugal, West Switzerland and
Netherlands

Luis Matutano
luism@pennwell.com
Tel: 33-1-3076-5543

Germany, Austria, North
Switzerland, Eastern Europe

Holger Gerisch
holgerg@pennwell.com
Tel: 49-172-2160933

Israel

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





台北國際光電週 系列活動
PHOTONICS FESTIVAL in TAIWAN



OPTO Taiwan

國際光電大展

The 20th Int'l Optoelectronics Exposition

www.optotaiwan.com

June 14-16, 2011

TWTC Nangang Exhibition Hall

台北世貿南港展覽館

Exhibits

■ Compound Semiconductor

Materials, Ingot, Substrate, Wafer, Chip
Processing Equipment (Mask / Wafer / Assembly / Test)
Factory Facility (FA, Clean Room)

■ Optoelectronics Devices

LED, Laser Diode, EL, HBT, HEMT
Photo Detector, IR Sensor, CCD, CIS, CMOS
Display Module (LCD, OLED, LCOS, DMD)
Opto-Mechatronics, MEMS, Nano-technology

■ Optical Components

Optical Materials : Glass, Plastic, Crystals, etc.
Lens, Mirror, Prism, Filter, etc.
Glass / Plastic Lens, Spherical / Aspherical Lens
Coating Products

■ Optical fiber Communication

Active Components, Passive Components
Fiber, OFC System / Equipment

■ Optical Lenses / Module

for 4C Products (Digital Camera, Camcorder,
Cell Phone, Disc Drives, Projector, etc.)
for OA Products (Facsimile, Printer, Copier, Scanner,
Bar Code Reader, etc.)
for Optical Instruments

■ Laser Light Sources & Applications

Lasers & Peripheral Utility, Hologram Products
Laser Machining, Laser Instruments, Laser Medical
Applications
Bio Applications

■ Vacuum Coating

Target, Vacuum Equipment, Cleaner
Evaporator, Sputter, LPE, MBE, CVD, etc.

■ Precision Instruments / Manufacturing Equipment

Optical, Electronics, Vacuum Instruments
Analysis, Measuring, Inspection Instrument
Optical Design Software, Precision Mold, Measuring
Instruments, etc.
Grinding, Molding, Injection, Coating, etc.

Organizer



財團法人光電科技工業協進會
Photonics Industry & Technology Development Association
台北市10093羅斯福路二段九號五樓
5F, No.9, Sec.2, Roosevelt Road, Taipei 10093, Taiwan
Tel : +886-2-2351-4026 Fax : +886-2-2396-8513

[Overseas contact]
Ms. Pamela Hsiao (ext. 805) E-mail : exhibit@mail.pida.org.tw

[台灣地區]
陳小姐 (ext. 803) E-mail : ginger@mail.pida.org.tw





高频 锁相放大器

- 25 kHz 至 200 MHz 频率范围
- 低漂移, 高动态储备
- X, Y, R, θ , 噪音和比率测量
- 供数据记录的内部存储器
- 谐波检测(F 和 2F)
- GPIB 和 RS-232 计算机接口

SR844是现今市场上唯一的一个可测量高达 200 MHz信号的锁相放大器。使用在其它SRS锁相放大器里可以找到的同样的DSP技术,此SR844几乎没有漂移或相位抖动,并提供高达 80分贝的动态储备及超过5 ppm/°C 稳定性。

它具有多种特性,包括合成参考源,自动功能,偏移/扩张,谐波检测,内置存储器,计算机接口等。

该SR844是高频率同步检测应用的理想仪器。

欲了解更多详情,请访问 www.thinkSRS.com。



SR844 射频锁相放大器 ... \$9295 (全球通价格)



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

