光学和光电子产业的主导刊物

激光世界

LaserFocusWorld® China

www.laserfocusworld.com.cn

2010年9月 第5期

ISSN: 1817-6917



超快激光器

飞秒放大器实现更高的功率输出 12

蓝光激光二极管泵浦锁模掺钛蓝宝石激光器 10

高效率的小型脉冲有机激光器 11

结构光纤提升短脉冲激光器的性能 17

应用天地

用400W CW/M光纤激光器切割厚度2mm以下的板材 28

半导体激光器在焊接领域的应用 30

激光在教学科研领域的应用与普及 33

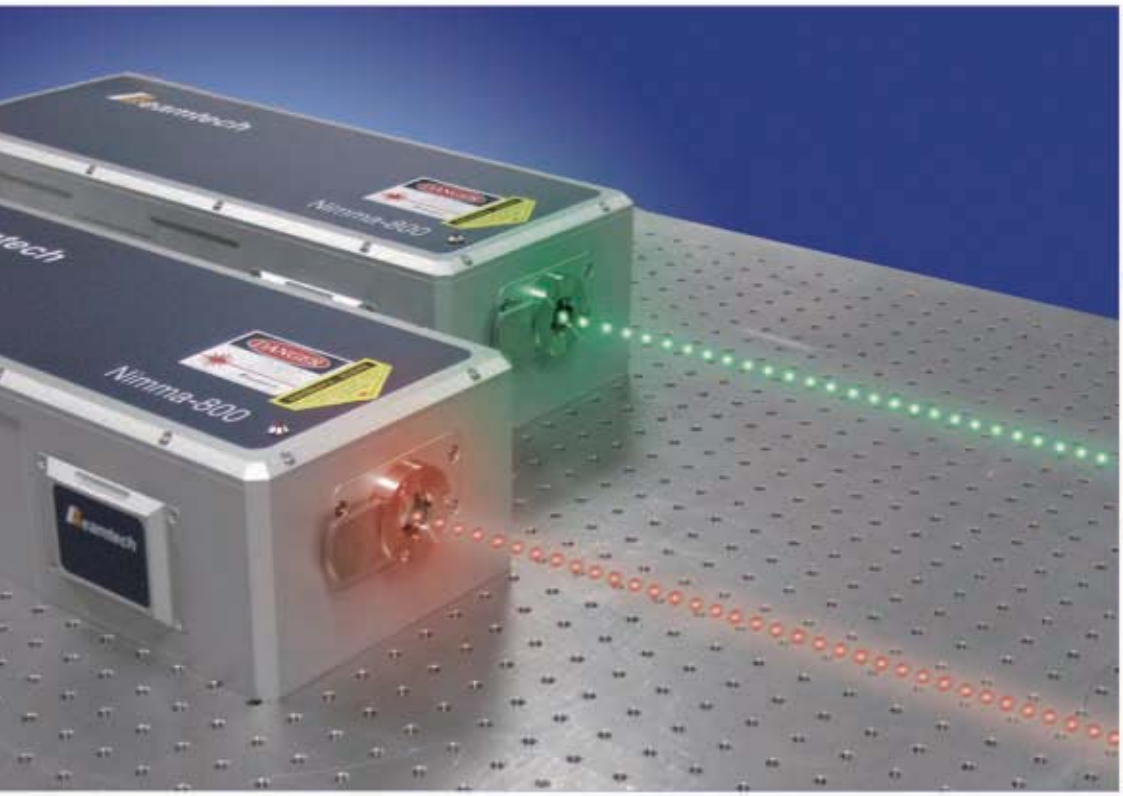
拉曼光谱在食品安全检测中的应用 34

ACT PennWell

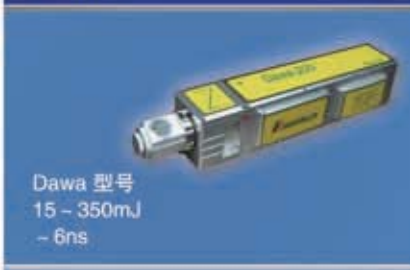
Beamtech®
Innovative & Cooperative

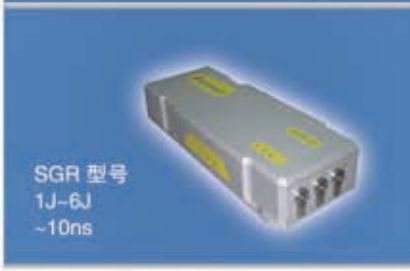
多波长，可靠稳定的脉冲Nd:YAG激光器

——镭宝光电Nimma系列




Nimma 型号
400mJ ~ 800 mJ
8 ~ 10ns

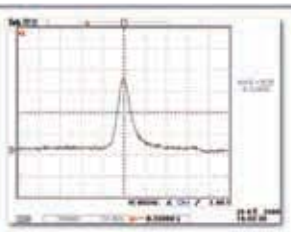

Dawa 型号
15 ~ 350mJ
~ 6ns

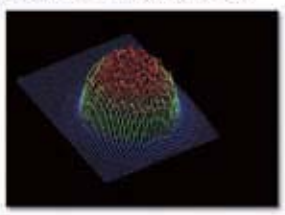

SGR 型号
1J~6J
~10ns

镭宝光电技术有限公司的脉冲Q开关Nd:YAG激光器产品线，机型丰富多样，能量从10mJ到22J，重复频率从1Hz到1KHz，波长1064nm，532nm，355nm，266nm。这些机型可用于激光雷达(LIDAR)，激光诱导荧光(LIF)，激光脉冲沉积(PLD)，LIBS，激光清洗，激光冲击强化，激光与物质相互作用等多种工业、科研应用。用户总能在其中找到一款适合自己应用的商品化激光器。

Nimma系列电光Q开关Nd:YAG激光器，具有效率高、光束质量好、结构紧凑、坚固耐用的特点，适用于激光化学、激光光谱(Spectroscopy)，激光清洗(Laser cleaning)，激光诱导解析光谱(LIBS)，激光诱导荧光(LIF)等应用领域。其关键性能指标如下：

- 输出能量：400mJ ~ 800 mJ
- 重复频率：10Hz, 15Hz, 20Hz, 30Hz, 50Hz
- 优异的光束质量：均匀近平顶分布光斑
- 稳定的脉冲波形：
  脉宽8ns，脉冲波形平滑、稳定，稳定度≤ ±0.5ns
- 高能量稳定性：≤3%
- 波长：1064nm, 532nm, 355nm, 266nm
- 高可靠性，维护简便，适用于外场环境，齐备的外控接口，便于用户系统集成

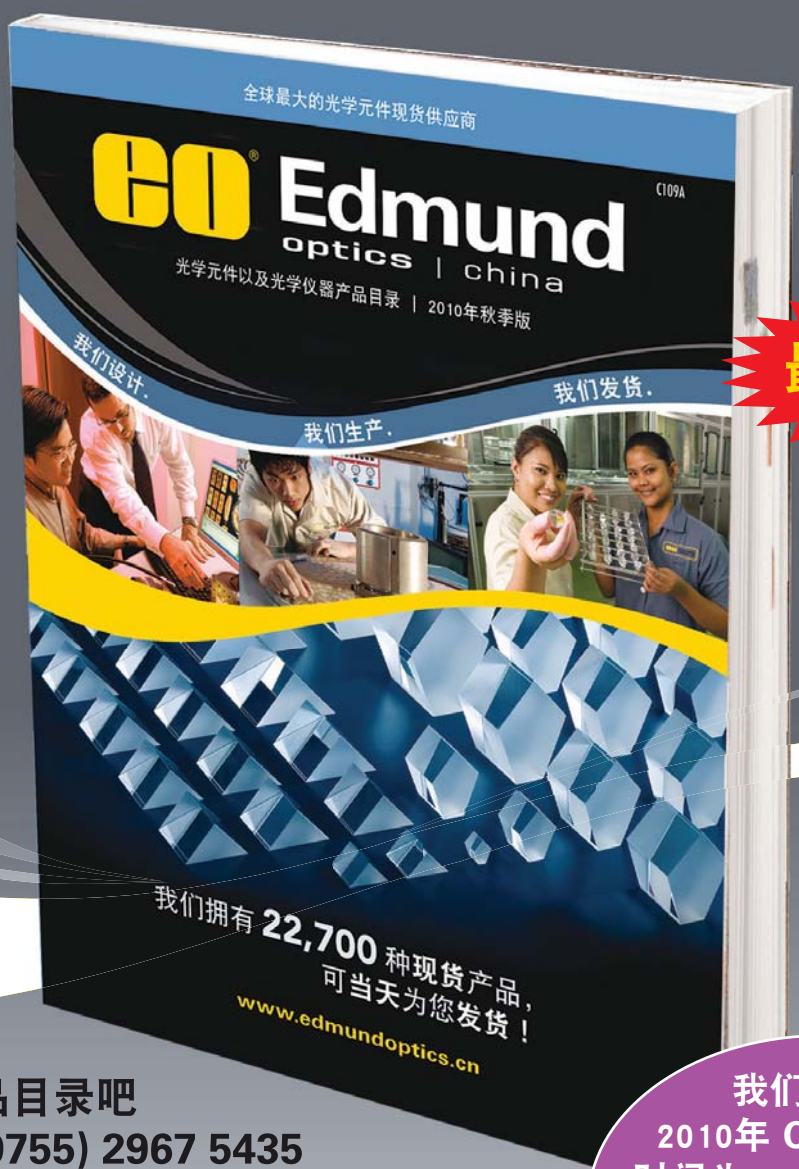

高稳定脉冲波形设计更有利于LIDAR、LIBS的应用结果。


激光近场平顶分布，有利于应用对激光光束质量的要求。

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

我们设计. 我们生产. 我们发货.

我们拥有22,700多种现货光学产品
供您选择，可当天发货！



最新推出

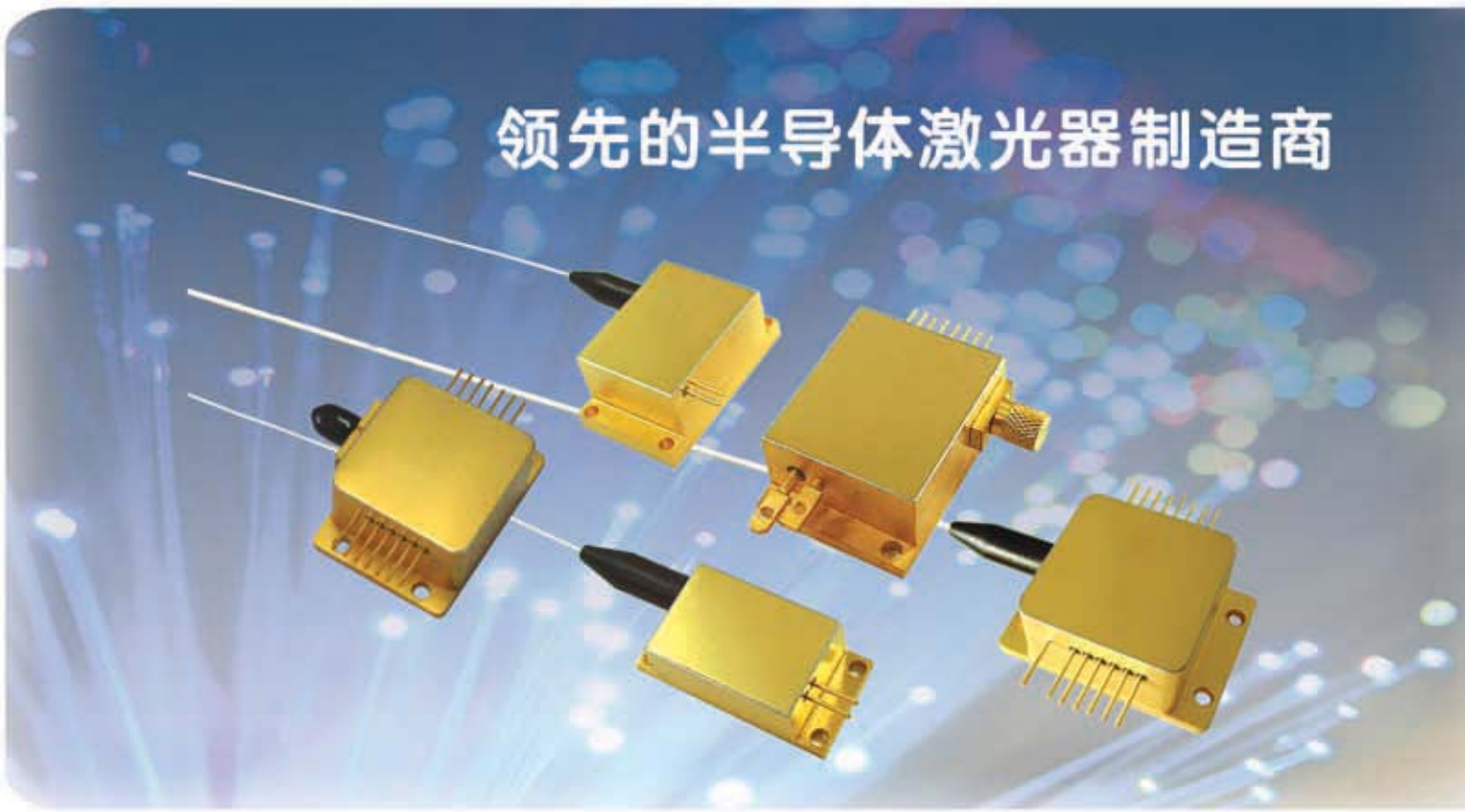
中文版目录

马上索取产品目录吧
电话：+86 (0755) 2967 5435
电邮：chinasales@edmundoptics.cn

我们将参加
2010年 CIOE 光博会
时间为2010年9月6---9号
深圳会展中心
展位号：1号展馆
B219

Edmund optics | china

www.bwt-bj.com



BWT BEIJING 凯普林

凯普林公司致力于半导体激光器与光纤耦合封装技术，公司自有技术包括高效率光纤耦合技术，高精度激光器封装技术，微透镜设计、光纤处理、光束整形，及整套高可靠性半导体激光器商业化生产工艺技术，是中国最专业的商业化高功率半导体激光器件制造商。

- 产品线覆盖可见光到近红外波段（405 nm–1550 nm）；
- 输出光功率范围从1 mW–100 W；
- 提供十余种可选择的封装形式；
- 可附加半导体制冷器、指示光、光敏探测器、光纤开关等功能；
- 配套专业半导体激光器电源；
- 为用户提供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。

北京凯普林光电科技有限公司 BWT Beijing Ltd.
北京市丰台科技园区航丰路甲4号6层 邮编: 100070 Tel: 010 83681052 Fax: 010 83681077

激光世界
LaserFocusWorld China
2010 年 9 月 第 5 期
www.laserfocusworld.com.cn

目录

技术中心

10 二极管泵浦固体激光器：蓝光激光二极管泵浦锁模掺钛蓝宝石激光器

11 有机激光器：高效率的小型脉冲有机激光器

12 超快激光器：飞秒放大器实现更高的功率输出

14 光子学前沿：转换半导体激光器的波长面临挑战

17 光纤激光器用光纤：结构光纤提升短脉冲激光器的性能

21 激光加工：激光热处理

25 超高速成像：让超高速成像成为现实

应用天地

28 激光切割：用 400W CW/M 光纤激光器切割厚度 2mm 以下的板材

30 激光焊接：半导体激光器在焊接领域的应用

33 科研应用：激光在教学科研领域的应用与普及

34 光谱分析：拉曼光谱在食品安全检测中的应用

37 应用简讯：海洋光学光谱仪助牙医实现更高效的光治疗
IPG 高功率光纤激光器切割厚板材获新进展
SPI 公司光纤激光器成功打入汽车 3D 切割领域

7 新闻简讯

40 新品展示

44 广告索引

关于《激光世界》

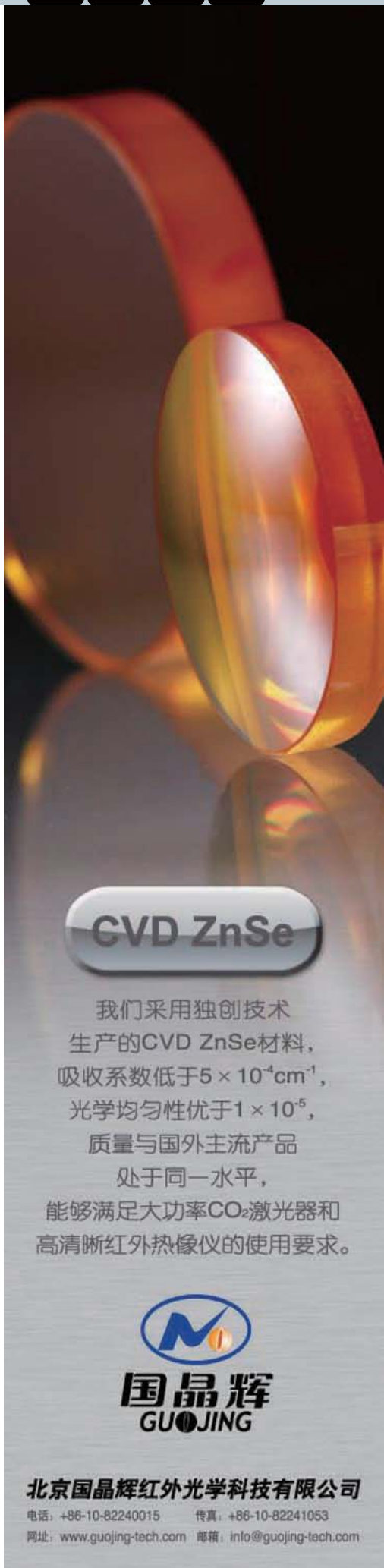
《激光世界》（Laser Focus World China）创刊于 2005 年，双月刊，是美国光电行业权威杂志《Laser Focus World》（LFW）的中文版，秉承了 LFW 的高质量并为中国读者量身定做。《激光世界》从 LFW 中精选了目前行业中的热点内容进行翻译，同时也接受来自国内的投稿。主要栏目涉及研发简讯、产业新闻、深度技术报道、业界访谈、新品展示等。《激光世界》免费向专业人士赠阅，目前发行量为 8031 份。

请查询本刊专业网站：www.laserfocusworld.com.cn。

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.



紫外准分子激光器

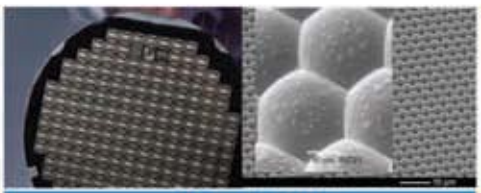
用于大面积微处理过程





Throughput





Precision





Reproducibility



- 激光剥蚀
- 脉冲激光沉积
- 激光退火
- 光纤光栅刻写
- 光学测试
- 掩模检测
- 三维结构加工
- 激光标识
- 视力矫正
- 光谱学

准分子激光器具有：

- 紫外波长（157，193，248，308，351 nm）
- 卓越的能量稳定性（1%，rms）
- 宽的功率范围（1W - 540W）
- 可调的重复频率（1 Hz - 2000 Hz）
- 气瓶可集成在一起的型号

准分子激光器的上述特性使其成为高分辨率激光剥蚀和材料的大面积表面处理的首选。

欲了解更多关于这些独特的准分子激光器的特点及应用，请与Coherent公司联系，或请访问我们的网站：www.coherent.com.cn。

COHERENT®

相干（北京）商业有限公司
地址：北京市海淀区北四环西路9号
银谷大厦215室
邮编：100190
电话：010-6280 0209
传真：010-6280 0129
网址：www.coherent.com.cn
销售咨询：sales.china@coherent.com

相干（北京）商业有限公司
上海办事处
地址：上海市徐汇区虹桥路3号
港汇中心二座3501室
邮编：200030
电话：021-6448 5636
传真：021-6448 5639
产品报修：service.china@coherent.com

Superior Reliability & Performance

CONTENTS

激光世界 LaserFocusWorld China
Sep 2010 Issue 5
www.laserfocusworld.com.cn

Technologies Center

10 **Diode-Pumped Solid-State Lasers:** Modelocked Ti:sapphire laser is pumped by blue laser diodes

11 **Organic Lasers:** Small pulsed organic laser is highly efficient

12 **Ultrafast Lasers:** Femtosecond amplifier output gets a boost

14 **Photonic Frontiers:** Shifting semiconductor laser wavelengths poses challenges

17 **Fibers for Fiber Lasers:** Structured fiber advances short-pulse laser performance

21 **Laser Processing:** Laser heat-treatment

25 **Ultrahigh-Speed Imaging:** Taking the hype out of hypervelocity

Applications

28 **Laser Cutting:** Sub 2mm metal cutting with a 400W CW/M laser

30 **Laser Welding:** The welding applications of diode laser

33 **R&D Applications:** Laser's applications and popularity in teaching and research area

34 **Spectral Analysis:** Raman Spectroscopy's applications in food safety detection

37 **Application Notes:** Ocean Optics' spectrometer help dentists achieve more efficient light therapy

New improvement in cutting thick sheet with IPG's high-power fiber laser

SPI's fiber laser successfully enters into automotive 3D cutting market

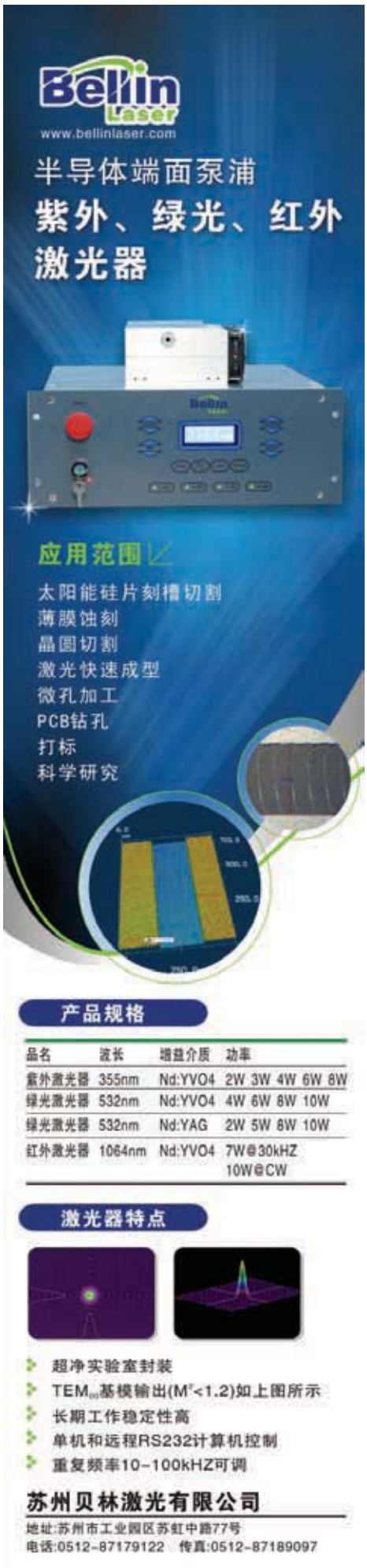
7 News Breaks

40 New Products

44 Ad Index

Please visit our website for more information
更多内容, 请登入
www.laserfocusworld.com.cn

eFOCUS VIDEO BOOK Webcast Magazine



激光世界
LaserFocusWorld China

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

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

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

尖端技术部市场总监 Adrienne Adler
美术编辑总监 Suzanne Heiser
高级绘图 Chris Hipp
制作经理 Sheila Ward
网络出版人 Diane Giannini
广告协调员 Melanie Lemons
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 Kathy Bush
电话 (1) 603-891-9394
电邮 kathyb@pennwell.com
副出版人/总编辑 Stephen G. Anderson
电话 (1) 603-891-9320
电邮 stevega@pennwell.com
管理编辑 Carol Settino
电话 (1) 603-891-9234
电邮 carols@pennwell.com
高级编辑 Barbara Goode
电话 (1) 603-891-9194
电邮 barbara@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
执行助理 Sharon A. MacLeod
电话 (1) 603-891-9224
电邮 sharonm@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
副总裁 Tom Cintorino

尖端技术部出版服务部
美编主任 Meg Fuschetti
出版总监 Mari Rodriguez

编辑总部
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
© 2010 版权所有 翻印必究

ACT LaserFocusWorld PennWell

编者的话 Editor's Notes

应用需求驱动市场强劲增长

各大公司已相继公布了截至6月底或7月初的2010年第二季度的财务报告。对于整个激光行业来讲，这些财报数字无疑为业界带来了巨大的鼓舞！今年第二季度，Coherent公司的销售业绩同比增长69%；Newport公司的销售业绩同比增长30.9%；IPG公司的销售业绩同比增长67%；Rofin-Sinar公司的订单、销售额和净收入分别比去年同期增长了68%、44%和297%！上述来自这几家具有行业代表性的公司的财务数据表明，目前激光行业已经处于市场复苏的强劲通道！

无疑，市场的复苏源于应用需求的驱动。随着半导体行业的复苏，市场对半导体设备的需求已呈现出增长态势。根据国际半导体设备及材料协会（SEMI）近期公布的数据显示，2010年7月份，来自北美市场的半导体设备制造商的订单额比去年同期增长超过了200%，创下了2001年1月以来的新高！目前增长趋势仍在继续。半导体设备市场的增长是驱动激光市场增长的一大动力源，Coherent、Newport和Rofin-Sinar这几家大公司都表示，半导体市场需求的复苏对该季度业绩的增长贡献了相当的力量。除了半导体设备市场外，这三家公司还表示，来自微电子市场的强劲需求也为该季度业绩的增长推波助澜！

市场增长的另一个巨大驱动力来自材料加工领域。光纤激光器厂商IPG公司表示，今年第二季度，材料加工市场对公司业绩的增长贡献尤为突出。市场对高功率切割用激光器和打标、雕刻用脉冲激光器的需求，驱动了市场大幅增长，中国市场表现强劲。

光纤激光器已经凭借自身技术的不断发展完善，在越来越多的应用领域攻城拔寨。目前，越来越多的高精度材料加工应用需要使用短脉冲激光器。过去通常采用DPSS激光器获得短脉冲，而现在，使用一种结构化光纤能大幅提升光纤激光器的短脉冲性能，使光纤激光器成为了能够满足高精密材料加工需求的一种非常有竞争力的下一代光源。

在钣金切割领域，光纤激光器已经在切割中薄厚度的金属板材应用中实现了高效、高可靠性和高质量的激光切割，并且其使用与维护成本明显低于CO_2激光器。而在厚板材切割方面，高功率光纤激光器已经能够切割厚度为25mm的碳钢，其切割速度和切割效果均能与使用CO_2激光器切割达到的效果相媲美。

在材料焊接领域，半导体激光器已经能够焊接多种颜色的透明塑料材料，获得了高质量、牢固的焊接质量。此外，半导体激光器还能直接用于焊接薄片金属板材，实现了高速、灵活、焊缝紧密的可靠焊接，已经成为一种经济实用的薄片金属板材焊接方案。

食品安全问题的频繁发生，使得快速、准确地检测食品中的三聚氰胺、苏丹红、孔雀石绿等有害非法添加物成为当务之急。因此，将会有大量光谱分析需求应运而生。❑

业界新闻

JDSU进军高功率光纤激光器市场

JDSU 已与 Amada 合作开发 4kW 高功率光纤激光器，此举标志着 JDSU 开始进军高功率光纤激光器市场。

新的 4kW 光纤激光器能够切割那些无法用传统的 CO_2 激光器有效切割的材料，如红铜、黄铜、钛和非金属材料等。该光纤激光器将集成到 Amada 新开发的一款金属薄板切割系统中，与 Amada 的高速线性驱动系统相结合，该光纤激光器在切割不锈钢薄板和铝薄板时，获得的线性切割速度要比使用 CO_2 激光器快 2.5~3 倍。

爱特蒙特光学获“光学元件优秀供应商”称号

爱特蒙特光学新加坡公司被 Lift Technologies 公司授予“光学元件优秀供应商”称号。Lift Technologies 公司是一家领先的生物技术工具供应商，向全球用户提供超过 5 万种产品。

爱特蒙特光学因其卓越的客户服务和技术性能、始终如一地在规定时间内完成新产品开发、以及解决现有产品设计的生产问题等优势，最终获此殊荣。此称号肯定了爱特蒙特光学在供应模压透镜阵列镜片、光学镜片以及镜头等产品方面所表现出的高性能。

相干Paladin系列紫外激光器销量突破1000台

相干宣布其 Paladin 系列高功率紫外激光器的出货量已经超过了 1000 台。目前，Paladin 系列激光器可提供 2W、4W、8W、10W 和 16W 的输出功率选择，输出波长 355nm。

Paladin 系列紫外激光器广泛应用于印制电路板（PCB）、半导体、太阳能电池和平板显示器（FPD）等行业。

蓝菲光学在中国成立独资新公司

英国豪迈集团旗下的蓝菲光学有限公司在中国上海开设一家集销售、服务和制造于一体的新公司——上海蓝菲光学仪器有限公司，该公司完全由外商独资运营，致力于向中国市场提供光测量产品和客户支持。

新公司占地面积 450 平方米，拥有先进的喷涂设备，提供积分球涂层服务。公司还为蓝菲光学的所有产品提供支持，实现快速服务和升级，以满足不断变化的 LED 和固态照明市场的需求。

德龙激光成立“苏州市太阳能电池激光加工工程技术研究中心”

为更加深入系统地展开太阳能电池激光加工技术的研究，德龙激光组建了“苏州市太阳能电池激光加工工程技术研究中心”。

该中心将为从事太阳能电池生产的企业提供代研发服务，为企业提供最优的太阳能电池激光加工参数，提高加工效率，提升太阳能电池的品质。另外，该中心还为相关企业或机构提供检验测试服务，为从事光伏行业的广大企业和机构提供研究平台。

海洋光学对其产品和配件实行三年质保期

光谱技术解决方案提供商海洋光学公司（Ocean Optics）近日宣布，现在不但对光谱仪实行三年质保，也对其他产品如光源和配件实行该项质保。

自从 2010 年 7 月 1 日起，从海洋光学和其授权的经销商处购买的光谱仪、光源和配件，不管其用途如何，都将享有三年生产缺陷的质保。此外，光纤和探头等产品将享受 12 个月的保修期。

Fiberguide任命谈理为中国区销售经理

英国豪迈集团 (HALMA) 子公司 Fiberguide 最近任命谈理（Teddy Tan）先生为该公司中国区域销售经理，负责其大陆和台湾地区业务。

谈先生将以 Fiberguide 上海办公室为基地，为公司探索光纤和光纤组件的新商机和新应用。同时谈先生也将负责拓展本土客户，以直接销售和技术支持方式来为大中华地区的客户服务。在加入 Fiberguide 公司之前，谈理先生曾任微士贸易 (上海) 有限公司的销售经理。

第三届国际激光微加工论坛10月在德国召开

第三届国际激光微加工论坛（ISL 2010）将于 10 月 27-28 日在德国 Chemnitz 召开。届时，激光器制造商、终端用户以及研究人员将汇聚一堂，交流激光技术应用实践知识，分享激光技术的最新发展与趋势，探讨未来激光加工的市场机会。

历时两天的论坛涉及激光工业应用、科研议题以及商业发展机会等领域，主要议题将包括：激光光伏应用、激光生物医疗应用、MEMS/ 半导体的激光微加工、用于微加工的激光器，以及其他激光微加工应用。

新闻简讯 News Breaks

炬光科技再获两笔风险投资

西安炬光科技有限公司分别获得上海联和投资有限公司和郑州宇通集团有限公司的风险投资。

炬光科技成立两年来，其经营业绩和发展后劲备受投资者青睐，这是公司自 2009 年底引进由国家发改委、财政部设立的国家创业风险投资以来，在不到半年的时间内，再次吸引的两笔风险投资。这两笔资金的投入，将有利于公司进一步加大研发投入，提高生产能力和产品质量，提升综合竞争力。

武汉锐科25W脉冲光纤激光器入选国家重点新产品计划

武汉锐科光纤激光器技术有限责任公司的“25W 脉冲光纤激光器”已入选科技部“2010 年度国家重点新产品计划”。

国家重点新产品计划是激励企业自主开发新产品，推动科技成果转化及产业化的政策引导类计划。“2010 年国家重点新产品计划”着重引导和支持具有核心技术和自主知识产权的新产品研制、开发与推广，激励企业开展技术创新。

江西光伏企业投资3亿美元在韩国建生产基地

江西省吉阳控股股份有限公司将在韩国济州道高端科技园投资 3 亿美元，建设太阳能电池制造厂。这是迄今为止江西省境外投资总额第二大项目，此举将大力促进江西光伏企业在国际分工体系中占据有利地位。

韩国生产基地将于年内开工，将主要生产和销售太阳能电池、组件及相关光伏产品。项目首期投资 1000 万美元，5 年内总投资 3 亿美元，建设 20 条生产线，年产值 110 亿元人民币。

海洋光学推出领先的光谱整形技术

海洋光学专门为光谱仪开发出一种光谱整形技术，使得光谱仪对紫外可见光源的光谱响应更加平衡和平滑，使用户能在更宽的谱区更均匀地测量光谱响应，从而改进信噪比。

针对光谱仪上的光源的尖锐峰输出，过去是在光源上进行处理的，这种方法常带来较大的光损失且可行性低。海洋光学的光谱整形技术，是通过修改光谱仪内部的设计、使特定的光波长或光谱带被选择性衰减。这使得优化光谱仪与光源配置更加容易。

科研动态

激光治疗肿瘤取得新进展

美研究人员在激光治疗肿瘤方面取得新进展。他们用核磁共振成像仪成功地确定了碳纳米管进入肿瘤组织后的位置，并用激光照射并加热它们，从而破坏肿瘤组织。

新方法的原理是激光诱发热治疗法（LITT），但是研究人员采用含铁的多壁碳纳米管（MWCNT）取代常用的纳米粒子，并利用核磁共振成像仪实现了对含铁多壁碳纳米管的准确定位，然后用激光照射并加热含铁多壁碳纳米管，使肿瘤萎缩。

可观察细胞内部的扫描仪问世

德国研究人员研发出能观察单个细胞内部情况的新型高精度激光断层扫描仪，可用于检验抗衰老产品的效果以及分辨皮肤癌细胞病变等。

该仪器的分辨率比传统超声波仪器高上千倍，能帮助检验防晒霜等抗衰老产品是否有效，还能检验尼古丁、激素药物等对皮肤老化的影响。此外，由于癌细胞在激光照射下会比健康细胞更亮，该仪器还能用于判断皮肤癌患者的皮肤细胞是如何癌变的，而无需取下病人组织细胞进行分析。

碲酸盐玻璃光纤实现2μm激光输出

上海光机所承担的“2 微米稀土掺杂激光玻璃光纤研制项目”工作取得突破性进展。研究组利用自行研制的铥单掺双包层碲酸盐玻璃光纤，首次实现了 800nm LD 泵浦下约 2μm 瓦级激光输出，输出功率达到 1.12W，创造了目前碲酸盐玻璃光纤中约 2μm 激光输出的最高纪录。

2μm 中红外光纤激光在激光医疗、人眼安全激光雷达、遥感探测、大气监测等方面具有广阔应用前景，是近年来业界研究的一个热点。

研究人员发明新型太赫兹半导体激光器

美英联合研究小组演示了一种新型太赫兹半导体激光器，其发射的太赫兹光波准直性能与传统太赫兹光源相比显著改善。该太赫兹激光器能以 3THz 的频率发射光线，大大降低了半导体激光器的散射角度，保持了光能的高输出功率。

该激光器为太赫兹的应用打开了广阔空间。其能用于海关探测非法药品，检验生产和存储的药物是否合格，以及用来研发隐身斗篷、负折射和高解晰图像等。

News Breaks 新闻简讯

各大公司季度财报

Coherent第三财季销售业绩同比增长69%

Coherent 公布其 2010 年度第三财季财报。截止 2010 年 7 月 3 日，Coherent 第三财季的净销售额为 16,670 万美元，比去年同期的 9850 万美元增长了 69%，比第二财季的 14,920 万美元增长了 12%。第三财季，Coherent 的订单额为 18,060 万美元，比去年同期的 8860 万美元增长了 103.7%，比今年第二财季增长了 9.8%。

Coherent 表示，得益于 LED 制造和移动通信行业的发展，来自微电子领域的订单增长尤为强劲。此外，材料加工市场和仪器市场的表现也非常良好。

Newport第二财季销售业绩同比增长30.9%

Newport 公布其 2010 年度第二财季财报。截止 2010 年 7 月 3 日，Newport 第二财季的净销售额为 11,460 万美元，比去年同期增长了 30.9%；第二财季收到的新订单额为 12,550 万美元，比去年同期增长了 56.2%。2010 年的前 6 个月，Newport 的总收入为 22,180 万美元，比去年同期的 17,710 万美元增长了 25.2%。预计整个 2010 财年的收入将在 4.60~4.70 亿美元之间。

Newport 表示，半导体设备、微电子市场以及生命健康科学市场的复苏对其业绩的增长起了主要推动作用。

IPG第二财季销售业绩同比增长67%

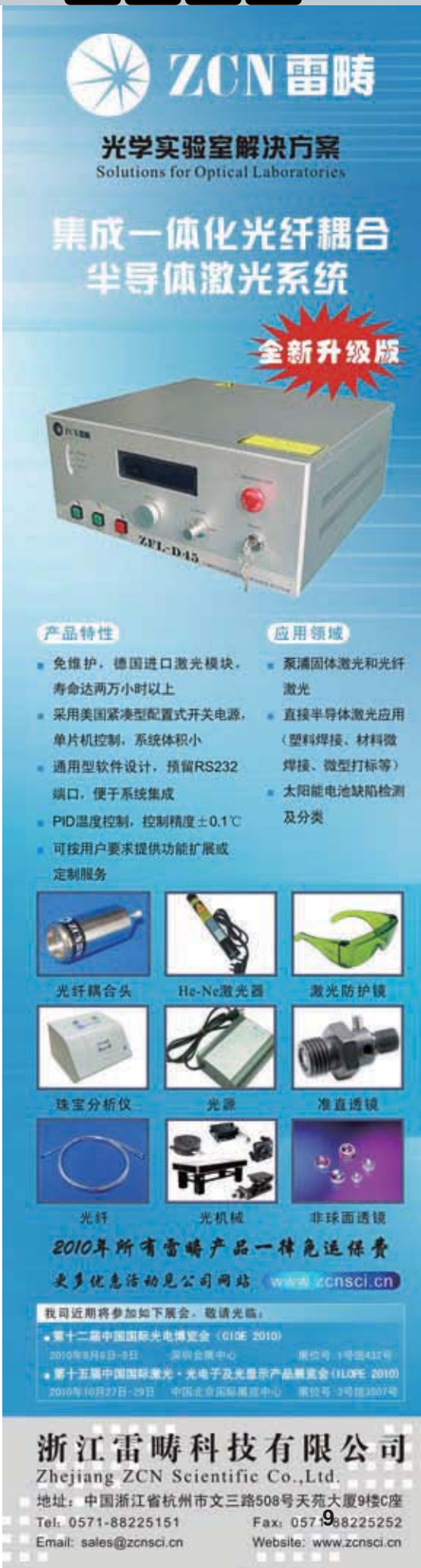
IPG Photonics 公布截止 2010 年 6 月 30 日的第二季度财报。财报显示，IPG 第二季度的总收入为 6730 万美元，与去年同期的 4040 万美元相比，实现了 67% 的大幅增长。2010 年的前 6 个月，IPG 的总收入为 11,850 万美元，比去年同期增长了 38%。IPG 预计其第三季度的收入将在 6900~7500 万美元之间。

材料加工市场对业绩增长贡献突出。市场对高功率切割用激光器和打标、雕刻用脉冲激光器的需求，驱动了市场大幅增长，中国市场表现强劲。

Rofin-Sinar订单、销售额和净收入全面增长

Rofin-Sinar 公布其 2010 年第三财季财报。截止 2010 年 6 月 30 日，其第三财季的订单、销售额和净收入分别比去年同期增长了 68%、44% 和 297%。

Rofin-Sinar 表示，第三财季业绩的增长，主要是受到机械工具、半导体、电子和光伏市场销售增长的驱动。Rofin-Sinar 该财季的运营利润几乎翻了一番，并且其对未来的发展充满信心。本财季业绩的回升也显示了整个宏观经济环境的改善，特别是在亚洲市场。



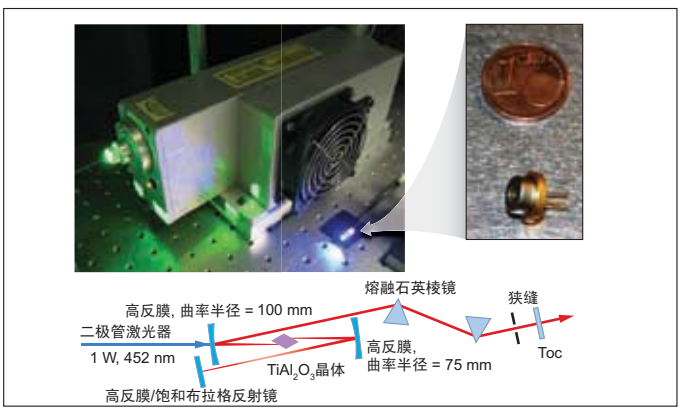
技术中心 Technologies Center

二极管泵浦固体激光器

蓝光激光二极管泵浦锁模掺钛蓝宝石激光器

Gail Overton

尽管掺钛蓝宝石是常用的激光增益材料，并作为可调谐超快掺钛蓝宝石激光器的主要成分广泛应用于各类光子应用中，但它需要高亮度泵浦源，通常是输出功率为几瓦的氩离子激光器或倍频钕激光器。现在，基于氮化镓 (GaN) 的蓝光和绿光激光二极管的输出功率不断提升，这使得苏格兰 Strathclyde 大学光子学研究所的研究人员能够首次演示由一个激光二极管直接泵浦的锁模掺钛蓝宝石激光器。[1]



图：Nichia公司的商用蓝光激光二极管（右图）首次被用于一个小型装置中（下部光路图），作为掺钛蓝宝石激光器的低成本泵浦源，以替代传统的体积较大、成本较高的倍频固态激光器（左图）。

不太可能实现的结果

由于蓝光和绿光激光二极管的输出光功率通常较低，并且它们的波长与掺钛蓝宝石增益材料的宽范围但低效率的吸收谱并不匹配，因此激光产业界始终认为，不可能用二极管泵浦钛蓝宝石产生激光。然而，日本 Nichia 公司生产的波长 452nm 的小型 GaN 激光二极管，实现了 1W 的输出功率，已经可以用来泵浦掺钛蓝宝石激光器。该激光器采用标准腔设计，输出 800nm、19mW 的连续光 (如图)。

为了实现激光输出，研究人员采用了 1 个非球面准直透镜、1 个由两个柱透镜构成的望远镜以及 1 个球面透镜，将激光二极管的输出光聚焦到四镜腔内的掺钛蓝宝石晶体上。计算出的晶体腔腰半径为 25 μm × 15 μm。在输出耦合为 0.5% 的条件下，入射到晶体上的光功率为 870mW 时，可以得到 750mW 的锁模阈值以及 9mW 的最大平均输出功率。利用干涉自相关法，测得有限变换输出的半高全宽脉冲宽度为 116fs。

面临的挑战

目前测得的输出功率低于建模计算出的预期值。研究人员认为，这是由于在发射激光的波长处泵浦所导致的损耗。但当波长大于 477nm 时，就很难察觉到损耗。由于更长波长的 GaN 激光二极管技术已经取得了应有的进展，因此研究小组相信通过进一步的实验，可以很快制造出更高输出功率的二极管直接泵浦的掺钛蓝宝石激光器。即使采用目前的 452nm 的激光二极管以及双边泵浦或者偏振组合技术，研究人员仍然相信能够获得 50mW 左右的输出功率。

博士生 Peter Roth 说：“掺钛蓝宝石激光器的二极管激光泵浦能够显著降低现有系统的复杂程度。因此，在不久的将来，我们只需花费现有成本和空间的一小部分，就可以获得今天这些高成本的台式掺钛蓝宝石激光器所具有的无与伦比的性能。通过复用两台现有的 GaN 二极管激光器（每个器件在 450nm 波长处的输出功率约为 1W），将有望获得平均输出功率约为 50mW 的可调谐飞秒掺钛蓝宝石激光器。该激光器可以实现从成像到光谱学的多种应用，例如作为荧光显微镜的配件。” ❑

参考文献：

1. P.W. Roth et al., "Modelocking of a diode-laser-pumped Ti:sapphire laser," CLEO 2010, paper CMNN1, San Jose, CA.

有机激光器

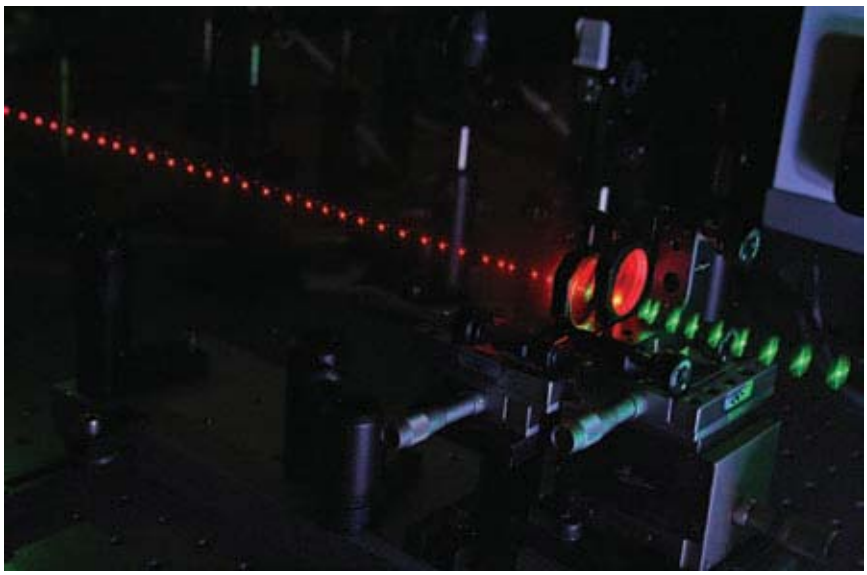
高效率的小型脉冲有机激光器

John Wallace

法国巴黎大学激光物理实验室的科学家们开发出一款名为垂直外腔表面发射有机激光器（VECSOL）的有机光泵浦固体激光器。该激光器能够发出高质量光束，转换效率高达43%，并且可调谐。[1]通过进一步开发，并借助于塑料光纤，VECSOL 将有望广泛应用于传感或通信领域。

VECSOL 的增益介质是一层有机聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）薄膜，其中掺杂了 1% 重量的若丹明 640。利用离心沉积法将几微米厚的 PMMA 薄膜覆盖到一块平面镜上。该平面镜对于波长为 600~660nm 之间的光的反射率大于 99.5%，与之相距 4mm 处有一块凹面（曲率半径为 200mm）输出耦合镜，它对于波长在 600~880nm 之间的光的反射率为 98%。凹面输出耦合镜与平面镜组成了完整的激光谐振腔。

激光器的泵浦波长为 532nm，谐振腔内的两块腔镜对于 532nm 波长的光来说是透明的。然而，厚度为 17μm 的 PMMA 薄膜对于泵浦光的单程吸收率可达 80%。泵浦 VECSOL 的光束由倍频 Nd：YAG 激光束发出。该激光束可以是持续时间为 7ns 的“长脉冲”，也可以是 0.5ns 的“短脉冲”，两者都具有 10Hz 的重复频率和 140 μ m 的泵浦光束直径（如图）。



图：利用532nm激光泵浦具有平凹谐振腔的VECSOL，后者以43%的转换效率输出波长约为650nm的激光。

可调谐性

对于长脉冲泵浦，这种 VECSOL 的输出激光阈值为 1.8 μ J，最大输出能量为 6 μ J（峰值功率为 870W），光 - 光转换效率为 43%（量子效率为 63%）。输出光束是与泵浦光束偏振方向相同的线偏振光，并且是衍射受限的（光束质量 M^2 值为 1.0）。光束的中心波长约为 655nm，但是在 640~670nm 之间包含多个波长峰，峰 - 峰间隔为 7.5 μ m，这是由 PMMA 薄膜的厚度所形成的法布里 - 珀罗标准具的自由光谱范围。由于采用了离心沉积工艺，平面镜的 PMMA 薄膜的厚度可变，从而可以通过横向平移平面镜在 20nm 波长范围内对激光器进行调谐。

研究人员还测试了厚度为 10 μ m、5.6 μ m 和 2.35 μ m 的 PMMA 薄膜。他们发现针对不同的薄膜厚度，波长峰之间的间隔也不同，这与预期相一致。最薄的薄膜对应的峰 - 峰间隔非常大，以至于此时激光器只能形成一个峰（由于最薄的薄膜层的厚度均匀，因此单个峰是不可调谐的）。

短脉冲泵浦的输出激光阈值为 0.95 μ J，最大输出能量为 0.7 μ J（峰值功率为 2kW），转换效率为 6.3%。

研究人员注意到，对于长脉冲泵浦，VECSOL 的腔长可以增加到 60mm，而对于短脉冲泵浦，也可以增加到 10mm，这让他们可以插入腔内光学元件进行实验。

“这种激光器对于那些需要成本低廉、结构紧凑并且易于操作的可见光波段可调谐光源的应用来说很有吸引力。”研究员 Sebastien Chénais 说，“这种 VECSOL 与分布反馈式有机激光器或有机微腔激光器之间的关键不同在于，它具有完美的衍射极限光束质量，并且可以达到非常高的转换效率。聚合物光纤在 650nm 波长

下转第27页

技术中心 Technologies Center

超快激光器

飞秒放大器实现更高的功率输出

先进的超快放大器无需低温冷却系统，即可在交钥匙系统中实现高重复频率、高功率和高光束质量的激光输出。

Steve Butcher，Marco Arrigoni；Coherent公司

物理和化学领域内的多种应用驱动了对于超快放大器的需求。超快放大器可以以更高的重复频率和平均功率传递飞秒脉冲，从而提高信号的信噪比并减少数据采集时间。要在不牺牲脉宽、光束质量、操作简便性和可靠性的前提下实现这些性能，对研究人员来说是一个巨大的挑战。通过最近的设计改进，研究人员研制出了一套只需对掺钛蓝宝石增益介质进行热电冷却，就可使平均输出功率高达 15 W 的系统。在此之前，由于可实现同样输出功率的超快放大器需要低温冷却，因此整个系统不但结构复杂，而且体积庞大。

功率要求

基于掺钛蓝宝石的锁模激光振荡器的出现，为超快激光应用带来了一场革命，它大大简化了获得飞秒脉冲的难度。典型的掺钛蓝宝石振荡器的平均输出功率高达 2~4W。重复频率为 50~100MHz 时，根据脉冲宽度，脉冲能量最多为几十纳焦，峰值功率为 500kW。

许多应用要求更高的脉冲能量和峰值功率，啁啾脉冲放大可以解决这个问题。振荡器的输出脉冲预先通过脉冲选择装置被展宽，然后被另外一个掺钛蓝宝石晶体放大几个数量级，将脉冲宽度压缩到初始脉冲宽度那样窄。

针对固体物理和光化学领域的泵浦 - 探针研究，可使用放大的飞秒脉冲泵浦一个或多个可调谐的光学参量放大器（OPA）。还可以在成像和光谱学研究中，利用其生成太赫兹脉冲。最近，具有载波包络相位（CEP）稳定性的放大系统实现了极紫外（4~30nm）波长的阿秒脉冲。阿秒脉冲的波长非常短，足以用于研究原子和分子中电子的动态。

很多这类应用会包含一个或多个串联或并联的非线性转换级（参量转换或其他效应），但转换效率通常比较低。增加放大器每个脉冲的输出能

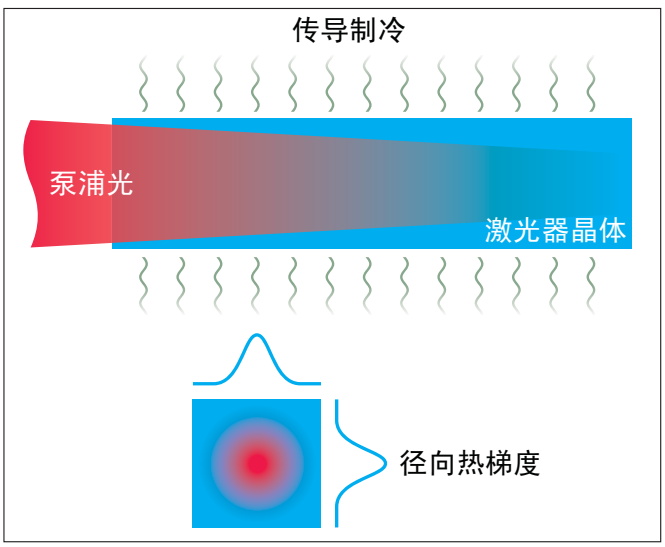
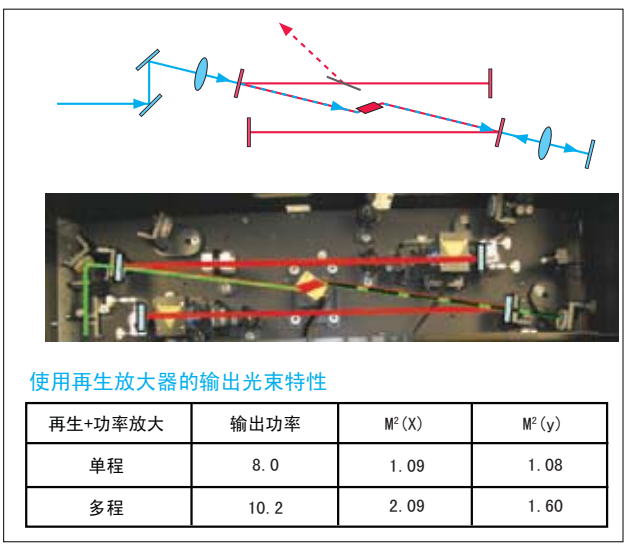


图1：利用圆形光束端面泵浦掺钛蓝宝石激光棒可以产生径向热梯度，产生的效果和球面镜相当。



使用再生放大器的输出光束特性

再生+功率放大	输出功率	M^2 (X)	M^2 (y)
单程	8.0	1.09	1.08
多程	10.2	2.09	1.60

图2：在再生放大器中，注入的脉冲多次通过放大器腔，然后通过一个声光开关输出。

激光世界 LaserFocusWorld China 广告索引 Ad Index | 目录 Content | 推荐朋友 Refer a friend | 免费赠阅 Subscribe ACT

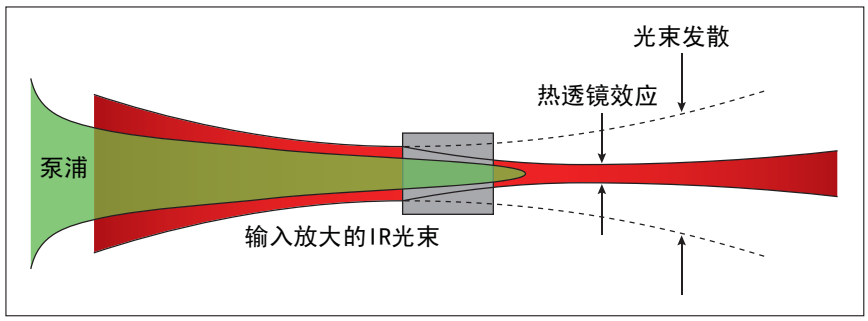


图3：使用单程放大器（SPA）提高再生放大器的输出功率，尽管光束通过两次，但由于只经历一次热畸变，因此光束质量获得了极大的改善。

量，可以有效地同时驱动多个高能量非线性级。

热透镜效应

阻碍超快放大器系统输出更高功率的最大障碍是增益晶体中的热透镜效应。即使采用激光泵浦，超过 75% 的泵浦功率会被转换成热量。端面泵浦掺钛蓝宝石棒可以使泵浦功率沿径向分布，而最大泵浦功率强度位于增益介质的中心线上。掺钛蓝宝石晶体中的局域热量分布与泵浦光强度的分布一致，并且沿晶体表面向内实现冷却温度的传导，最终导致径向热梯度垂直于激光束方向（见图 1）。即使泵浦光的功率只有 10W，光束腰只有 50 μm，也可以产生超过 50 屈光度的热透镜。如果采用 40W 以上的激光脉冲泵浦，热透镜效应将成为设计时所面临的最大挑战。

可以采用几种方法冷却掺钛蓝宝石晶体，从而降低热透镜效应的强度。然而不幸的是，这些方法的冷却效果与其成本和复杂性成正比。被动传导冷却是最简单的方法，其次是水冷。这两种方法在输出功率为 3~4W 时有效。在更高性能的放大器系统中，通常采用热电冷却器为掺钛蓝宝石晶体降温，但直到最近，这一方法能适用的最大平均功率也只有 7~8W。

最终的方法是采用低温冷却技术。在低温条件下，掺钛蓝宝石的导热性增加了约 40 倍，折射率对温度的依赖性下降了一个数量级。这两种效应所带来的最终结果是将温度为 330K 的掺钛蓝宝石和温度降至 77K 的掺钛蓝宝石之间的热透镜效应降低约 400 倍。到目前为止，输出功率为几瓦的放大器均采用低温制冷，其缺点是成本较高、系统较复杂。

15W的系统

利用多种技术制成一个 15W 的放大器，该放大器具有和 3~4W 级系统相同的简易性和光束质量。

研究人员采用复合型方案确保再生放大器的光束质量，该方案无需低温冷却，从而降低了系统的成本和复杂性。在该方案中，Coherent 公司的 Legend Duo HP 在同一盒体中先后放置了正反馈放大器和单程放大级，为两块掺钛蓝宝石晶体提供热电冷却。

这种方法和传统的多程放大技术是有区别的。在多程放大系统中，输入脉冲通过晶体约 10 到 15 次，每次通过的角度会有轻微的不同，但会与泵浦光束部分重叠。因此多程放大系统不但光学结构复杂，而且输出光束质量也比种子光差。相比之下，再生放大器是一种高增益激光腔，种子激

下转第20页

EXPERT 系列
紫外激光器

EXPERT355, 355nm(300mw-3w)

EXPERT532,532nm(1w-5w)
高品质·高可靠·高性价比
工业级高品质固体激光器提供商
主要特性：
1. 直注式双模优化控制技术(DIPMOC), 结构坚固紧凑；
2. 优越的光束质量(M^2<1.3), 在所有频率范围内都严格保证；
3. 在线刷新谐波控制技术(ORHAC)，超长时间的功率稳定性；
4. 全数字智能电源控制技术，可通过RS232外部控制激光器；
5. 工业化产品流程生产控制技术，产品质量稳定可靠。
我们将继续参加如下展会：
第十二届中国国际光电博览会
2010年9月6-9日 深圳国际会展中心
展位号码：1号馆 353
第十五届中国国际激光、光电子及光显示产品展览会
2010年10月27-29日 北京国际展览中心
展位号码：3号馆 3112


RFH LASER 瑞丰恒激光
深圳市瑞丰恒科技发展有限公司
Add: 深圳市南山区高新技术产业区中区M-10二楼
Tel: 0755-86375012,18928466502,86375016
Fax: 0755-86028961
E-mail: sales@rfhlasertech.com
http://www.rfhlasertech.com

技术中心 Technologies Center

光子学前沿

转换半导体激光器的波长面临挑战

利用非线性光学的谐波产生和混频技术，可以对半导体激光器进行频率转换，但是这需要高功率、高光束质量和窄线宽。

Jeff Hecht

非线性光学技术是填补激光光谱空白的有效办法，它包括简单的谐波产生和更为复杂的光参量振荡器（OPO）。二极管泵浦钕激光器的倍频使得绿色激光指示器的价格更低、结构紧凑，但是为什么开发人员不放弃激光泵浦、直接通过倍频的方式来产生所需的波长呢?

绿光激光器实现了这一点，MicorVision 公司生产的微微投影仪已经进入市场。但是这并不容易。非线性波长转换不仅需要高的激光源功率，而且需要高的光束质量和窄线宽发射。把这些特性都集中到一台半导体激光器上并不容易。然而随着技术的不断进步，第一款产品已经进入市场，开发人员还在报告着更多令人兴奋的成果，包括新型激光器设计、二极管泵浦 OPO、量子级联激光器的谐波和差频的产生。

寻求倍频的二极管激光器

对二级管激光器进行倍频的工作起始于上世纪 90 年代早期，当时二极管已经达到较高的功率水平，但是波长止于红光。对近红外二极管激光器的输出进行倍频，可以得到可见光谱中的短波输出。针对激光显示等应用，还可使用直接调制的短波激光器。

相干公司成功研制出一款名为 D3 的激光器（用于直接倍频二极管激光器），该激光器对 860nm 二极管激光器的 100mW 输出进行倍频，产生功率约为 10mW 的 430nm 波长的蓝光。[1] 它使用分布式布拉格反射激光器用于窄线宽输出，其输出还需要模式匹配并且相位锁定到外腔谐波发生器。这是业界第一款产品，但是由于没有找到合适的应用而最终退出市场。毫无疑问，部分原因是由于当时在日亚化学株式会社的中村修二成功开发出了蓝光氮化铟镓（InGaN）激光器。相干公司最终开发出了光泵表面发射半导体激光器，它可以倍频输出可见光，但是其更像固体激光器而非二极管激光器。

蓝光二极管激光器的成功，在绿光为中心的可见光光谱中留下了空隙。几年后，当消费电子领域寻找一种新技术用于投影电视的时候，这一问题凸显出来。如果可以找到合适的 530nm 激光源，激光背投电视可以提供比平板显示更好的色域。倍频钕激光器似乎是一个合理的选择，但是由于不能按照所需速率直接对其进行调制，因此开发人员转而寻求倍频 1060nm 的二极管激光器或其他激光器，以生成 530nm 的绿光。随着



图1：康宁公司的用于微微投影仪的绿色激光器模块，它只有4mm厚。图中显示了其与智能手机尺寸的对比。

背投电视逐渐淡出消费电子市场，大多数项目都因此搁浅，但也有一些项目转向了那些用于移动设备的微微投影仪。Portola Valley 公司的光学顾问 John Nightingale 表示，这类应用的成本要远低于电视应用。

康宁公司已经在刚起步的微投影仪市场上有所开拓。去年该公司推出了一款商用版的投影仪，并为 MicroVision 公司的 Showwx 投影仪提供激光器，后者用于 iPod 和笔记本电脑。康宁公司的绿光激光器对分布式布拉格反射（DBR）激光器的 1060nm 的输出进行倍频，该 DBR 激光器发射单频单模激光。该激光器包括三部分：第一部分是 DBR 光栅，第二部分是相位调节器，第三部分是增益介质。康宁公司最初报道的结果是，通过把红外 DBR 输出激光耦合到周期性极化铌酸锂晶体内的二次谐波发生器，可以产生功

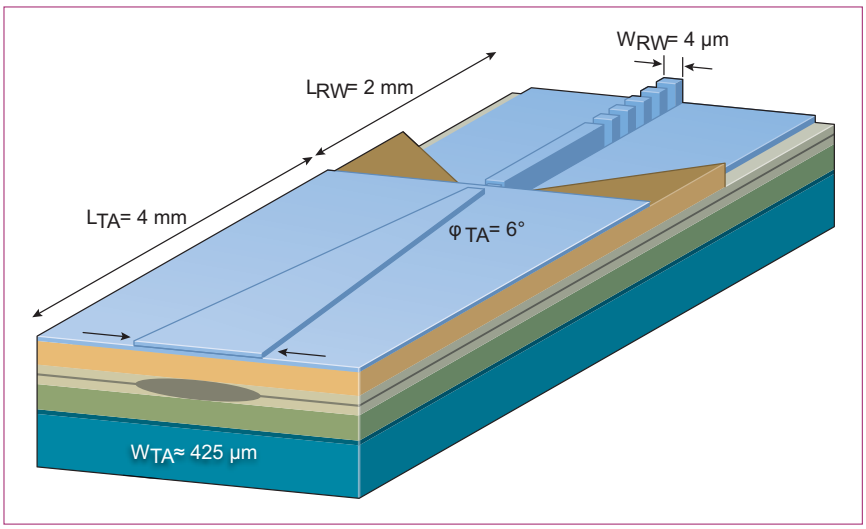


图2：Braun学院研制的锥形放大器包括一个2mm长、4μm厚的脊形波导，1mm长的增益区域以及背面1mm长的分布式布拉格反射镜。4mm长的放大级锥形角为6°。

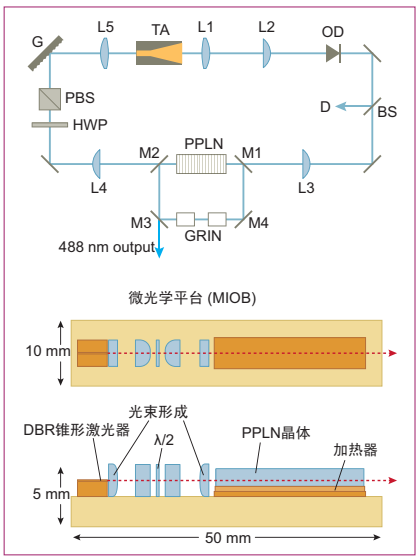


图3：Potsdam大学和Braun学院共同研制的用于二极管激光器谐波产生分的耦合环形谐振器。该谐振器包括顶部环形腔内锥形放大器（TA）、全息衍射光栅（G）、激光二极管（OD）、半波片（HWP）、偏振分光镜（PBS）、分光镜（BS）以及数个透镜。周期性极化铌酸锂谐波发生器（PPLN）由上下环腔共用。

率最高达104.6mW的530nm的二次谐波输出。[2]测试结果表明，该绿光光源可以在高于投影仪所需的50MHz的速率下进行调制，此后实验室版本的激光器的绿光输出功率达到了184mW。[3]康宁公司去年发布的第一款商用样机可以输出60mW的激光（见图1）。2010年5月，该公司发布了80mW的样机，并表示其电-光转换效率为8%，调制速率高达150MHz，可满足高图像分辨率的速率要求。

锥形激光放大器

另一种生成高效谐波所需的高质量、高功率光束的办法是将单模脊形波导DBR二极管激光器和一个锥形放大器相结合（见图2）。德国Ferdinand Braun学院的Götz Erbert研究小组正在进行一项为期五年的研究项目，其目的是开发在可见光波段、输出功率仅为数瓦的小型二次谐波光源，以满足从照相机大小的投影仪到精密光学仪器的一系列应用需求。该课题组已经生成了波长980nm、线宽0.012nm、功率12W的基频输出，该输出光束带有小于15°的垂直发散角，接近衍射极限。[4]周期性极化铌酸锂波导中产生的单程二次谐波的波长为488nm，功率大于1W。该课题组同时也在探索利用非线性光学技术产生从紫外到红外波段的光源，并与PicoQuant GmbH公司的Sina Riecke合作，生成了波长531nm、兆赫兹重复频率的30ps的脉冲。[5]

Braun学院的课题组同时与Potsdam大学合作研究耦合环形谐振器，用于谐波产生（见图3）。主要的环形腔利用惯性谐振锁定从锥形激光放大器输出的激光，并将基频光耦合到一个更小的、包含周期性极化铌酸锂晶体谐波发生器的环形腔内。最近的实验结果实现了功率310mW、线宽50MHz、电-光转换效率为18%的488nm的激光输出。[6]

丹麦科技大学的Paul Michael Petersen小组利用可调二极管激光器生成了659~675nm波段、线宽为0.07nm、功率为1.38W的基频输出。[7]该输出值是可调二极管激光器在这个波段的最高值，通过倍频可使波长达到335nm，短于目前紫外二极管激光器的输出波长。

将高质量的近红外激光器同非线性光学元件相结合，可以产生具有更长红外波长的激光，而在这一波长没有很好的光源可供使用。通过与荷兰Twente大学的合作，Paul Michael Petersen小组从单片二极管放大器中输出了功率为8.05W、波长1062nm的激光，用其泵浦周期性极化铌酸锂晶体的单腔光参量振荡器。用于信号波的调谐范围为1541~1600nm，作为闲频信号的调谐范围是3154~3415nm。闲频光在3373nm波长时的输出功率超过1.1W，这是目前为止二极管泵浦OPO输出的最高记录。其44%的光-光转换效率使总电-光转效率达到14.9%，这是利用二极管泵浦激光器泵浦OPO的7倍。[8]

量子级联激光器波长的转换

非线性波长转换也是量子级联激光器领域的一个研究热点，其主要方向是二次谐波产生以及差频混频，以产生太赫兹频率。

德州农工大学的理论家 Alexey Belyanin 认为，二次谐波产生的主要关注点集中在使碳水化合物的 C-H 键、O-H 键、N-H 键的吸收谱带接近 2.5~3.5 μm，从而实现很多重要的新型应用。异质结构生长和电流注入问题阻碍了能够直接输出如此短波长的量子级联激光器的发展。几年前，贝尔实验室的 Belyanin、Frederico Capasso 和 Claire Gmachl 相互合作，第一次在量子级联激光器中观测到了二次谐波的产生，但当时的功率只有几十纳瓦。[9] 到 2004 年，他们在 4.45 μm 波长处将二次谐波的功率提升到了毫瓦级。谐波产生发生在量子级联的自身结构中。[10] Belyanin 表示："由于我们本质上是进行光学非线性的'量子工程'，因此我们可以根据自己的意愿来控制。"这使其比其他材料的非线性度高很多，通过改变电子共振频率可以实现相位匹配。[11] Belyanin 最近提出了一种方法，可以在短至 1.5~2.5 μm 的波长范围内生成二次谐波，目前他正在同实验人员一道验证这个想法。[12]

利用非线性差频混频来形成太赫兹辐射，使其能够在室温环境下运行，而大多数应用更偏向于采用低温冷却，从而可以直接利用量子级联激光器获得太赫兹辐射。然而，Belyanin 表示："没有免费的午餐，因为你将以损失功率为代价。"

非线性差频产生需要一个工作在两个独立波长的量子级联激光器，它们在激光腔内混频就会产生差频信号。"太赫兹的输出功率并不高，但是确实存在。"德州大学奥斯汀分校的 Mikhail Belkin 表示。他与哈佛大学的 Capasso 合作，通过将 7.6 μm 和 8.7 μm 波长的激光混合，产生了 60 μm 波长的差频输出。[13] "理论上我们应该可以获得毫瓦级的输出，但通过实验我们在室温下只获得了 1μW 的输出。" Belkin 补充说。目前，他仍在奥斯汀继续这项研究，其中的一项好消息是他找到了很多可以提高功率的办法。使用低温冷却技术的量子级联激光器在极低的温度下可以辐射 150mW 的功率。但是随着温度的升高，其输出功率逐步降低。当温度超过 190K 时，输出功率降为零。

竞争与展望

绿光二极管激光器的最新进展显示了清晰的竞争格局。在西部光子学会议上，现就职于加州大学圣芭芭拉分校的中村修二和 Kaai 发布了一款波长 523nm 的绿光二极管激光器。德国 Osram 光学半导体公司报道了其在实验室中从 515nm 的 InGaN 激光器中获得 50mW 的功率输出。[14] 另外，Osram 并没有放弃利用光泵表面发射半导体激光器倍频获取绿光的办法，康宁公司也发布了其用于微微投影仪的光源产品。根据他们的诉求，绿光二极管必须要在功率和稳定性方面迎头赶上，没有谁能保证它们可以击败倍频二极管方案，尤其是在瓦级功率水平。其他非线性波长转换技术也位于科技前沿。结果是让人感到鼓舞的，但是我们必须等待。❑

参考文献：

1. http://www.repairfaq.org/sam/laserdio.htm#diocod
2. M.H. Hu et al., "High-power distributed bragg reflector lasers for green-light generation," Proc. SPIE 6116, 61160M, doi:10.1117/12.647840 (2006).
3. J. Gollier et al., "P-233: Multimode DBR Laser Operation for Frequency Doubled Green Lasers in Projection Displays," Corning Incorporated, Science and Technology, Corning, NY 14831, USA; available at http://www.corning.com/WorkArea/downloadasset.aspx?id=10533.
4. C. Feibig et al., "High-power DBR tapered laser at 980 nm for single-path second-harmonic generation," IEEE J. Selected Topics in Quant. Electron. 15, 978–983 (May–June 2009).
5. S.M. Riecke et al., "Pulse shape improvement during amplification and second-harmonic generation of picosecond pulses at 531 nm," Opt. Lett. 35, 1500–1502 (May 15, 2010).
6. D. Skoczowsky et al., "Efficient second-harmonic generation using a semiconductor tapered amplifier in a coupled ring-resonator geometry," Opt. Lett. 35, 232–234 (Jan. 15, 2010).
7. M. Chi et al., "1.38 W tunable high-power narrow-line external cavity tapered amplifier at 670 nm," CLEO/QELS 2010, paper JTuD99.
8. A.F. Nieuwenhuis et al., "One-watt level mid-IR output, singly resonant continuous-wave optical parametric oscillator pumped by a monolithic diode laser," Opt. Exp. 18, 11123 (May 24, 2010).

（其他参考文献详见网络版）

光纤激光器用光纤

结构光纤提升短脉冲激光器的性能

手征性耦合芯径光纤能够缩放单模光纤的芯径尺寸——这对于高精度材料加工应用中所需要的高峰值功率激光器的运行是必不可少的。

Phill Amaya；Arbor Photonics公司

越来越多的高精度材料加工应用需要使用短脉冲激光器。这些应用包括印刷电路板和柔性电路板上的微盲孔钻孔、半导体存储器修复、太阳能电池边缘隔离和薄膜图形化，以及LED制造中的蓝宝石基板划线。[1]所有这些应用的典型特征都是小型化日益加剧，和/或在降低制造成本方面面临持续不断的压力。

小型化和缩减特征尺寸是采用短脉冲激光的主要原因。为了减小工件上的热影响区和随之而来的对附近元件的潜在损害，通常需要使用小于80ns的脉宽。微米级特征也偏向于更短的波长，因为短波长可以实现更小的聚焦光斑尺寸。材料的吸收特征也是确定激光波长时需要考虑的一个关键因素。

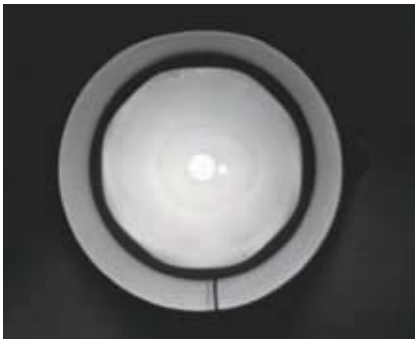
此外，随着特征尺寸的缩小，在单个设备中或单位面积内会出现更多的特征，因此必须增加激光脉冲重复率，否则设备的制造周期将会延长。

表1：光纤激光器的目标指标

光束质量	TEM_{00}(M^2<1.1)
脉冲能量	1.0mJ（@10-100 kHz）
脉宽	10ns（理想值10~100ns）
偏振特性	线偏振，偏振消光比≥100：1
光谱宽度	<1 nm
平均功率	高达100W

由于特征是制造于基底之上的，当基底的尺寸同时增长时，上述要求就变得更加迫切。例如，在过去10年中，半导体内存芯片的最小特征尺寸从150μm下降到了60μm。与此同





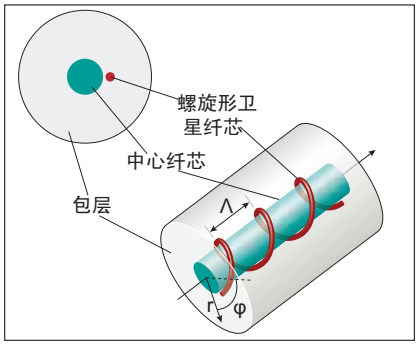


图1：手征性耦合芯径光纤使用1根中心导引纤芯，以及至少1根螺旋形围绕在中心纤芯周围的卫星纤芯。插图所示的是光纤端面。

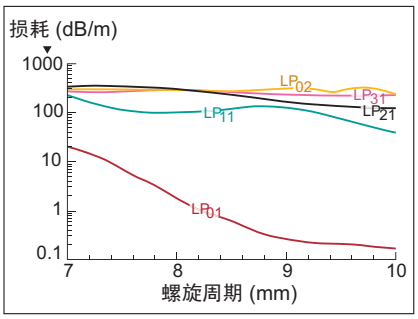


图2：计算得到芯径为35 μ m、螺旋周期为9mm的特定3C光纤的模式损耗。其中，LP_{01}基模的损耗小于0.2dB/m，而高阶模的损耗大于100dB/m。[2]

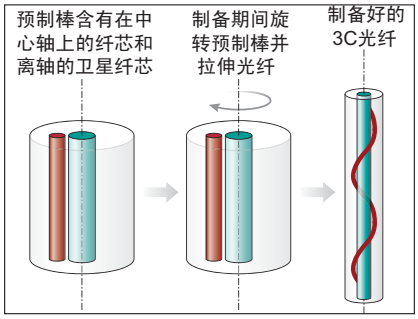


图3：当3C光纤拉制时同时旋转预制棒，使离轴的卫星纤芯螺旋形围绕在中心纤芯周围，产生了所需的螺旋。

时，硅晶圆的尺寸从200mm增加到了300mm。因此，可以印刷在单个晶圆上的特征数量已经跃升了14倍。在这个例子中，特征尺寸的减小也推动了加工过程采用紫外波长以形成更小的光斑尺寸。这些进展推动激光器开发人员将基频波长为1.0 μ m左右的平均输出功率提高了10倍，并且将应用波长移至355nm。在其他微电子应用中，这种趋势同样十分明显。表面积的增加和加工时间的减少，推动了太阳能电池加工技术的进一步发展。

目前，大多数纳秒脉冲应用都是通过二极管泵浦固体（DPSS）激光器来实现的。DPSS激光器的性能反映了超过20年的不断创新，这是其他激光技术很难匹敌的。然而，有迹象显示，一些应用需求的发展可能会超过DPSS激光器的实际能力。更小的光斑尺寸要求和材料问题正将脉宽推入皮秒区域，但即使脉冲重复频率增加，也必须保持所需的单个脉冲能量。创造性的解决方案正在出现，如“双光束”技术，这一技术通过复用两个脉冲光源输出的激光来达到两倍的脉冲重复率。另一种“混合”方法是利用一个低功率、高脉冲重复率的光纤激光器，通过分离脉冲生成与功率放大这两项功能来为DPSS放大器提供光源。虽然使用了这些解决方案，但的确增加了成本和复杂性，在其向更高的输出发展时将有所受限。

光纤激光器

在所有的解决方案中，光纤激光器是理想的能够满足当前和发展中的短脉冲应用要求的下一代光源。表1中列出了光纤激光器的主要目标规格。光纤激光器具有高单程增益，简化了放大器的设计，并可直接提高平均功率，这使其对于短脉冲应用来说很有吸引力。在这些应用中，需要高峰值功率运行以达到所需的脉冲能量和脉宽，而要实现高峰值功率运行需要增大光纤芯径尺寸，这是其难点所在。如果不增大芯径尺寸，非线性光学效应将会引起光谱展宽和输出功率的不稳定。目前采用20 μ m芯径的双包层光纤（DCF）的商用光纤激光器，可在10ns脉冲内提供最高25kW的峰值功率，在100kHz的工作频率下产生25W的平均功率。这只是表1中目标平均功率的四分之一，也是目前DPSS激光器所能达到的平均功率的一半。在一个有望进一步提高功率的解决方案中，包括一种名为手征性耦合芯径或3C光纤的独特结构的光纤。[2]

这种3C光纤的芯径比传统的双包层、大模场面积光纤大得多，并且能够实现单模输出。手征性耦合芯径光纤由中心的导引纤芯和至少一根螺旋形围绕在中心纤芯周围的卫星纤芯组成（见图1）。这种结构设计可以有选择地将中心纤芯中的高阶光学模耦合到卫星纤芯（Satellite Core）中，同时只有LP_{01}模在中心纤芯中传输。合适的卫星纤芯参数和螺旋周期导致被耦合进入卫星纤芯的光模式被散射到包层中，因而损耗很高。这种概念可以应用到非常大芯径的光纤设计中（见图2）。

3C光纤可直接制备，制备过程与标准的DCF有两个基本区别。标准DCF是由玻璃预制棒拉制出来的，具有适当掺杂的中心纤芯。预制棒和纤芯的尺寸预先按比例搭配好，这样在光纤拉丝塔上加热和拉制时就会缩小到所需要的光纤尺寸。3C光纤的预制棒包括两根掺杂纤芯。一根纤芯在预制棒的中心轴上，另一根卫星纤芯略微偏离中心轴。接下来，当光纤拉伸

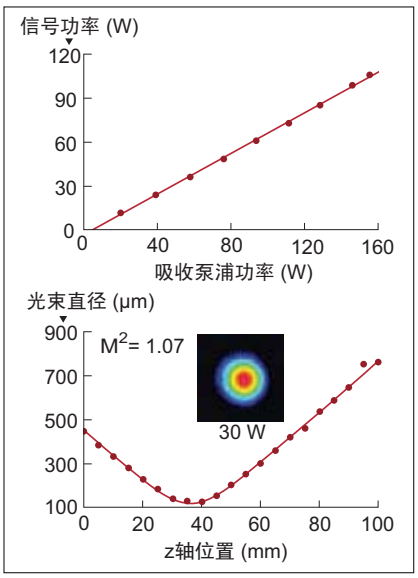


图4：测量得到3C光纤的斜率效率（70%）和光束质量。光纤输出的M^2因子达到了1.07。

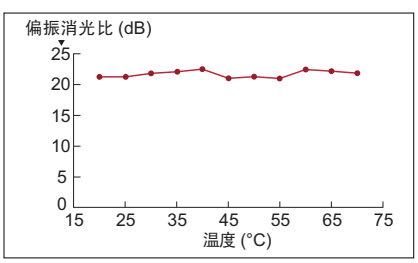


图5：将线偏振光入射到4米长的环形3C光纤中，并将光纤从20℃加热到70℃，同时对输出光的偏振态进行监测。结果表明偏振轴没有旋转，且偏振消光比保持在20dB以上。在显著的机械扰动和热扰动下，其保偏性能依旧非常出众。

时同时旋转。这种旋转使得偏离中心轴的卫星纤芯螺旋形围绕在中心纤芯周围，产生了所需的螺旋（见图 3）。

3C 光纤的一个重要属性是其性能不依赖于特定的弯曲度，这与标准大模场面积光纤正好相反。大模场面积光纤通过仔细卷绕，从而利用弯曲引起的基模和高阶模之间的损耗不同来获得单模性能，这种方法对芯径小于 25 μm 的光纤有效。芯径尺寸越大，这种方法越没有效果。[3] 这种技术对于光束传输和光纤元件中的使用来说也是有问题的。由于模式辨别并不依赖于光纤的弯曲度，因此 3C 光纤可以以笔直或弯曲的形态应用于有源或无源光纤结构中。

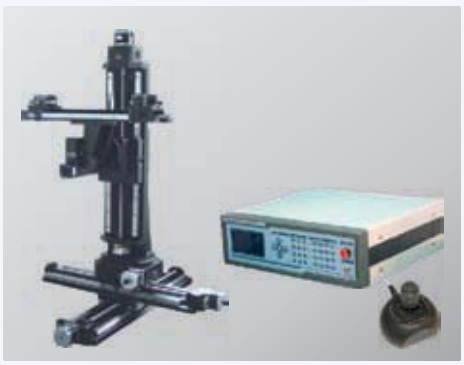
芯径为 35 μm、掺镱和未掺镱（Yb^{3+}）芯层的两种手征性耦合芯径光纤，可作为增益光纤并应用于无源光纤元件结构中。光纤在 MOPA（主控振荡器功率放大器）结构内性能的实验室测试结果表明，其产生的平均功率超过 100W，脉宽为 10ns，在 100kHz 脉冲重复频率下的峰值功率达到了 100kW（见图 4）。[4]

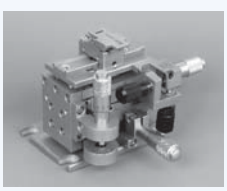
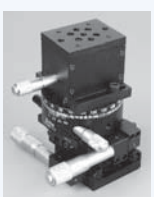
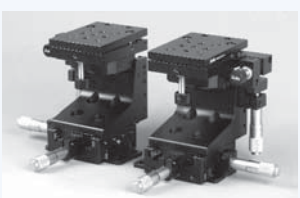
偏振特性

短脉冲激光器的绝大多数应用都需要可见光和紫外光，认识到这点非常重要，因此合适的光纤激光器光源必须具有稳定的偏振输出。光纤输出的偏振光通常是由定向型材料应力所导致的强烈双折射产生的。通过光纤中的应力棒可以实现偏振输出，并且适用于光纤芯径小于 10 μm 的情况。当光纤芯径增加时，要在光纤芯层的更大截面内产生均匀的应力变得更加困难，这意味着很难获得高的偏振对比度。由此产生的偏振性能对热扰动和机械扰动非常敏感，这两种扰动会造成输出不稳定。

相比之下，3C 光纤的设计利用生产过程和光纤结构来获得低双折射光纤。这些低双折射的光纤可以非常稳定地保持输入光的偏振态（见图 5）。

对缩小元件尺寸和降低制造成本的不懈追求，将继续推动对更高性能的短脉冲激光器的需求。作为最新的创新之一，3C 光纤具有更高的性能，可以满足人们对于小型化和低成本的需求。更大芯径的单模光纤所具有的性能潜力有望使其不仅仅可应用于材料加工。已经开展的使用 3C 光纤的三个热点科研应用

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

是：定向能武器、激光等离子体极紫外光刻和超快光谱。

在定向能应用中，需要更大的光纤芯径以获得所需的连续波功率，同时保持单一偏振态的窄光谱线宽。光纤激光器具有高电光效率、小尺寸，可以实现更加可靠的产品组装，是定向能应用的理想选择。极紫外光刻正向依赖于大型 CO_2、脉冲激光光源的大批量半导体生产迈进。基于大芯径单模光纤的研究表明，通过在光谱上叠加高功率脉冲光纤激光器光源，可能建成更高效、更紧凑并且可升级的激光器光源。[5] 最后，大芯径单模光纤是为实际应用的超快光谱系统提供小型、耐用光源的一个关键因素。❑

参考文献：

1. S. Geiger, "Tailoring the performance of q-switched, solid state lasers – why and how," Solid State Lasers XV: Technology and Devices, Proc. SPIE, Vol. 6100, pp. 458–466 (2006).
2. A. Galvanauskas, M.C. Swan, C.H. Liu, "Effectively-Single-Mode Large Core Passive and Active Fibers with Chirally-Coupled-Core structures," CLEO/QELS Conf. and Photon. Appl. Sys. Technol., OSA Technical Digest (CD), Optical Society of America, paper CMB1 (2008).
3. M. Li, X. Chen, A. Liu, S. Gray, J. Wang, D. Walton, L. Zenteno, "Effective Area Limit for Large Mode Area Laser Fibers," OFC/NFOEC, OSA Technical Digest (CD), Optical Society of America, paper OTuJ2 (2008).
4. C. Liu, S. Huang, C. Zhu, A. Galvanauskas, "High Energy and High Power Pulsed Chirally-Coupled Core Fiber Laser System," in Advanced Solid-State Photonics, OSA Technical Digest Series (CD), Optical Society of America, paper MD2 (2009).
5. K.-C. Hou, S. George, A.G. Mordovanakis, K. Takenoshita, J. Nees, B. Lafontaine, M. Richardson, and A. Galvanauskas, "High power fiber laser driver for efficient EUV lithography source with tin-doped water droplet targets," Opt. Exp. 16, pp. 965–974 (2008).

上接第13页

光脉冲在腔中多次往返的过程中被放大，当达到增益饱和时就从腔中输出（见图 2）。放大器的输出光束特性主要取决于单腔的设计，与种子激光器无关，因此可以产生近乎完美的 TEM_{00} 模，具有稳定的执行特性，适用于下游的非线性生成过程。额外的单程功率放大器结构简单，同时可以保持再生放大器的输出光束质量。

利用位于两块掺钛蓝宝石晶体之间的集成的泵浦激光器分束器，该单程再生放大器在频率为 1kHz 时，输出功率超过 8W，在频率为 5kHz 时，输出功率超过 12.5W。由于含有高泵浦功率，因此很难忽视热透镜效应。但是通过对晶体进行优化设计，采用特殊形状的较平坦的大尺寸晶体代替传统的圆柱形激光棒，可以将热透镜效应降低到可以控制的水平。然后，热电冷却器通过扁平表面对晶体进行冷却。



图4：高光束质量可以使参量放大、谐波产生、连续光谱产生等非线性过程实现更高的效率和更高的光束质量。当放大的脉冲聚焦到一块蓝宝石板（或空心光纤）上时，级联非线性效应可以产生超连续光谱。该图为超连续光通过自然衍射的色散图。

为了将再生放大器的输出功率提高到 15W，研究人员增加了一个外部泵浦激光器。该单程再生放大器的光学结构无本质上的变化，但在重复频率为 1kHz、5kHz 和 10kHz 时，输出功率分别提高到 10W、12W 和 15W。采用一个或两个泵浦激光器，其单程的末端放大器级并不影响光束方向和 TEM_{00} 光束的形状，这是再生放大器的主要特点。实验结果表明，复合型方案是最佳的方案（见图 3）。当光束通过的次数从 1 次增加到 2 次时，超快放大器的输出功率稳步增加了约 20%，但是光束的 M^2 值增加了近 100%。在单程装置中保持较低的 M^2 值，该放大器兼具光学结构简单、输出效率高的特点；同时具有理想的光束参数特性，可将其聚焦于空心光纤内径中或者泵浦多个高能量 OPA；此外，它还消除了对复杂的低温冷却系统的需求（见图 4）。

通常，根据单个脉冲能量、重复频率和光束质量等参数选择超快放大器。随着实验复杂程度的提高，超快放大器的可靠性和易用性变得越来越重要。对超快放大器设计的进一步改进有忘提高其灵活性和性能，从而使得结构和操作变得更加简单。❑

激光加工

激光热处理

Mohammed Naeem；GSI集团激光事业部

激光光束高功率热源是表面改性的理想选择。激光加热造成材料表面局部发生变化，而给定部件主体性质不变。激光表面工程应用的原理可分为三大宽泛领域（见图 1）。依据主体材料表面的冶金变化，下面的过程也可以划分到这些领域：退火、晶粒细化、釉化和冲击硬化，以及那些涉及通过合金化或包层等加入新材料而实现表面化学改性的方法。

无熔化加热，一般称为热处理。它涉及到固相变化，因此金属表面未熔化。材料吸收的部分光束功率由材料表面吸收性控制。由于加热与冷却周转期产生的冶金反应，材料的机械性能（硬度、耐磨性、电阻等）及化学性能(耐腐蚀等)往往得到大幅提升。

熔化加热，即激光釉化、表面均质化和重熔。此方法产生非常迅速的加热、熔化和冷却，能够改变材料表面性能。

添加材料熔化，即包层、合金渗透，它涉及表面熔化，并添加新材料形成表面改性层。

一个工程元件材料展示两种折衷属性，一是构成部件主体所需属性，二是表面要求的属性。部件通过热处理或表面技术进行表面改性是一个折衷解决办法，使主体材料的规格受到强度或经济限制决定，而表面只经过专门处理而提高以耐磨、耐腐蚀或其他应用所需属性。目前有如下一系列可用的表面改性技术[2]：

- **热力处理**
  - 感应淬火
  - 火焰硬化
  - 激光硬化
  - 火花硬化
  - 电子硬化
- **热化学扩散处理**
  - 渗碳（气体、液体、包层）
  - 碳氮共渗（气体、液体）
  - 软氮化（气体、液体）
  - 氮化（气体）
- **机械处理**
  - 喷丸
  - 圆角滚压

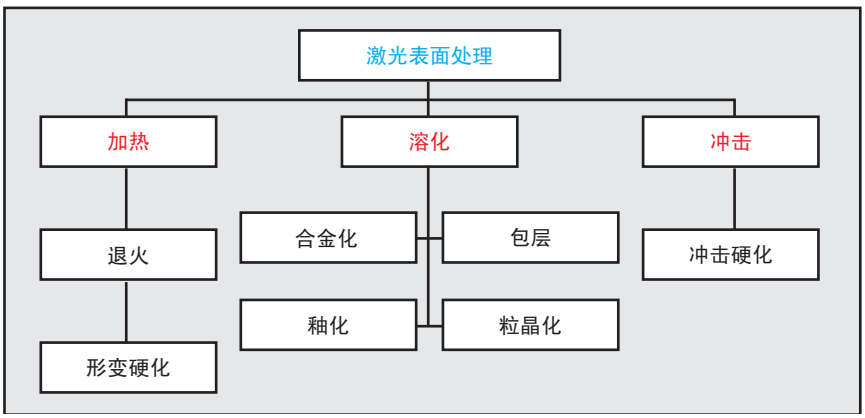


图1：激光的材料表面处理方法[1]。

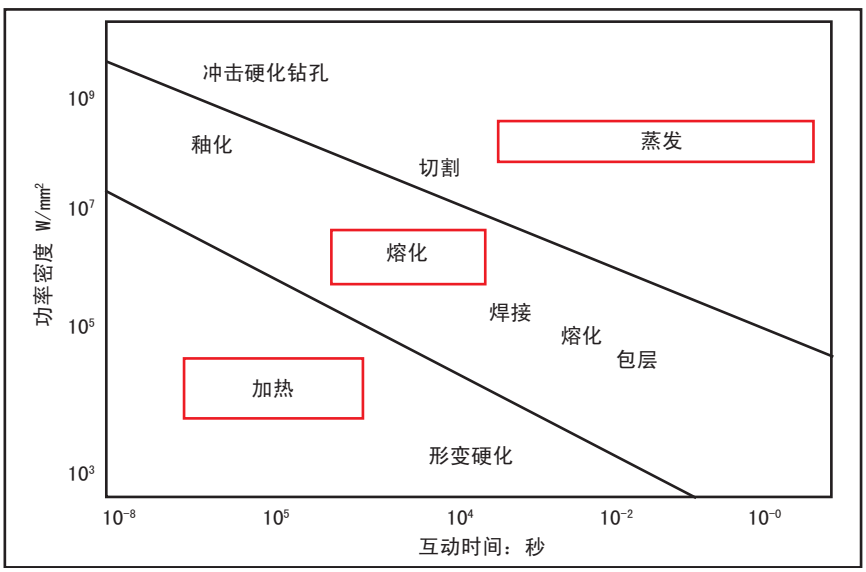


图2：一系列激光工艺的功率密度与互动时间图。

激光束技术已经能够对一系列的材料进行微观结构局部改性。改性能够提高部件表面层的使用性能，同时保持材料主体属性基本不变。进行这

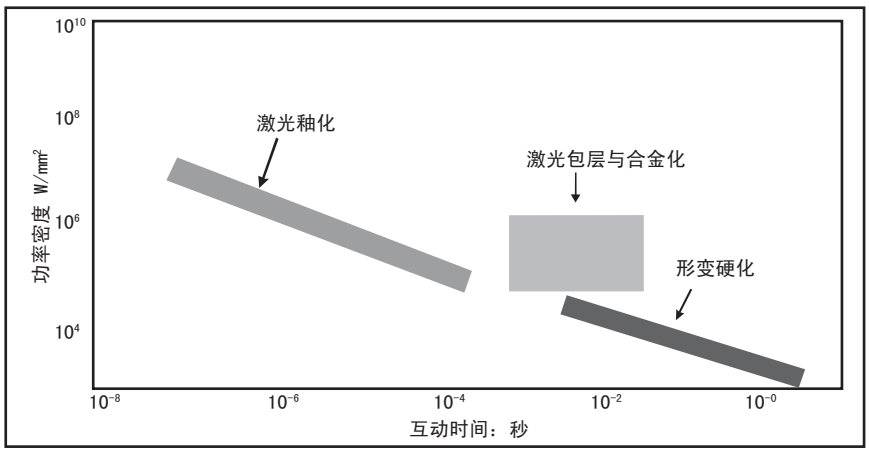
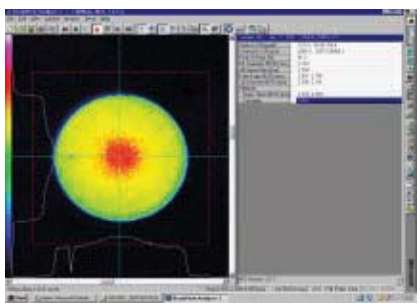


图3：激光热处理模式。



图4：机器人上安装的带有输出箱的光纤。



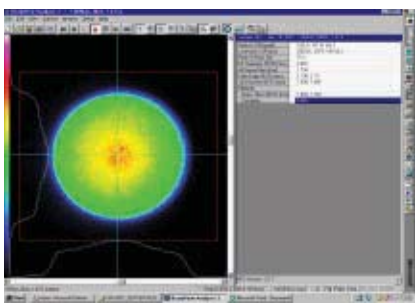


图5：光束分布情况。

种改性有多种机制，但是都取决于激光束的准确操控能力和光束的高功率密度。与其他处理方法相比，激光表面处理具有如下优点：

- 化学清洁性及美化的外观；
- 最小热输入，由于源温度非常高，形变发生非常迅速，输入零件的热量非常低。这将减少变形，热影响区也非常小；
- 无需后续加工；
- 非接触工艺；
- 易于集成。

激光热处理原理

激光加热的原理与传统加热方法类似，但是激光加热的时间通常比传统加热方法短一个数量级。传统加热是利用炉子、火焰、电弧或感应线圈，激光加热方法是将激光束聚焦或形成合适的图案或形状并扫描部件。高能量密度的激光束能够极其迅速地加热材料表面，并减少向部件主体的传热时间。激光热处理和表面技术能直接完成一系列成本相对低廉的工艺，因此具备显著的优势。

激光束以连续或脉冲形式发射能量。光束的功率和聚焦激光束的直径能够结合起来，形成一个激光参数，即功率密度。激光处理的第二个参数是功率密度在表面的传播率，它通常表示为互动时间（interaction time），即激光束会聚在表面上任何一点的时间长度。图 2 显示了能够以不同功率密度和互动时间 [3] 进行的一系列激光材料处理，图 3 显示了改性后的版本，它仅代表热处理工艺 [4]。

高淬透性材料可以以低功率密度和高互动时间加工，以实现均匀的硬化层，且深度显著。低淬透性材料需要高功率密度和低互动时间，以便产生快速冷却，从而以较浅硬化层为代价而形成马氏体。

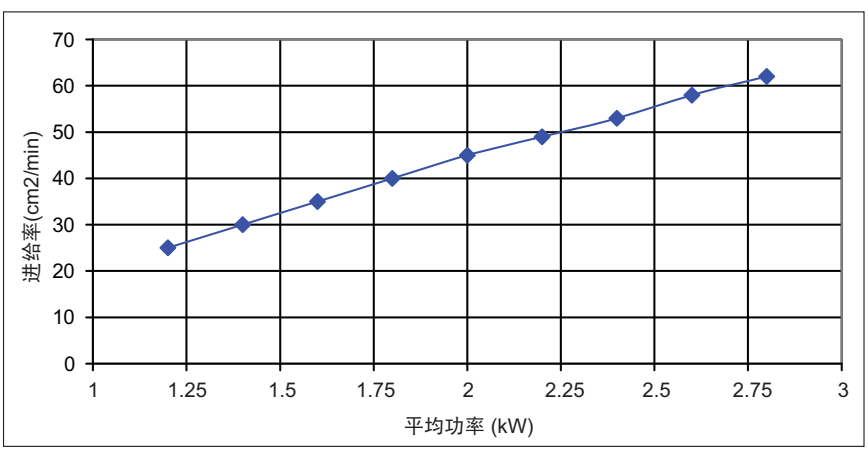


图6：高功率连续波Nd:YAG激光形变硬化（1045钢，0.5mm硬化层深度）。

表1：形变硬化结果（低碳钢）

功率 kW	焦点尺寸 mm	速度 m/min	硬化区域 宽度 (mm)	硬化区域 深度 (mm)	硬度 HV 0.2	表面条件
1.7	5	4	2.7	0.2	540±30	未涂层
1.7	5	1.5	4.5	0.7	613±31	未涂层
1.7	5	1.5	5.1	0.7	582±20	石墨涂层
1.7	5	0.5	6.25	0.6	742±43	未涂层
1.3	5	1.5	3.5	0.6	593±10	未涂层
1.3	5	1.5	4.2	0.5	751±57	石墨涂层
1.3	5	1.1	4.2	0.7	640±35	未涂层
1.3	5	1.1	4.5	0.8	770±92	石墨涂层
1.3	5	0.5	5.1	1.3	651±22	未涂层

表2：形变硬化结果（低碳钢）

功率 kW	焦点尺寸 mm	速度 m/min	硬化区 宽度 (mm)	硬化区 深度 (mm)	硬度 HV 0.3	表面条件
3.0	6	5	6	0.5	746±20	未涂层
3.0	6	4.5	6	0.5	755±9	未涂层
3.0	6	4	6.25	0.62	752±31	未涂层
3.0	6	3.5	6.5	0.7	697±40	未涂层
3.0	6	3	6.5	0.8	750±35	未涂层

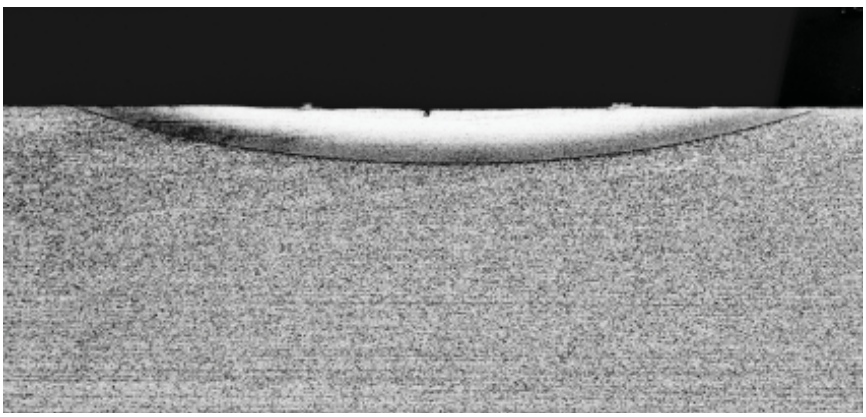


图7：低碳钢横断面的激光硬化轨迹速度3.5m/min，焦点尺寸6mm。

激光光源

目前在热处理应用中所使用的激光源有四种类型，即 CO_2 激光器、灯泵 Nd：YAG 激光器、二极管泵浦 Nd：YAG 激光器和高功率半导体激光器。大约在 10 年前，还只有 CO_2 激光束能够满足激光热处理应用的功率密度和互动时间需求。随后，功率为数千瓦级的灯泵 Nd：YAG 激光器和二极管泵浦的 Nd：YAG 激光器的发展，为热处理提供了具备诸多优势的可行激光源。Nd：YAG 激光源的一个主要优势是：Nd：YAG 激光器 1.06 μm 的输出波长，能够通过光纤传输光束，因此光束的能量损耗相对较低。这使得激光束能够灵活地传输到激光加工头，因此，可以使用机器人来操控高功率 Nd：YAG 激光器（见图 4），这也使 Nd：YAG 激光器成为了三维加工的理想选择。

与 CO_2 激光器的 10.6 μm 的输出波长相比，Nd：YAG 激光器 1.06 μm 的输出波长明显降低，金属表面的吸收率提高，因此无需吸收涂料，从而大大简化了操作过程。最近，业界还开发出了波长为 0.8 μm 的数千瓦的半导体激光器，其紧凑的结构适合直接安装机器人上，对复杂几何形状的部件进行硬化加工。

光束形状

通常利用 CO_2 激光器和 Nd：YAG 激光器输出的圆形光束进行硬化处理。建立圆形光束方法只需简单地将光束散焦，它是多种加工应用的理想解决方案。硬化区的深度剖面近似是光束强度分布的镜像，由于热量倾向流动，会造成幅度减小和边缘圆整。图 5 显示了光纤传输的连续波（CW）Nd：YAG 激光器的光束剖面图。

利用光束整形光学元件可以改变硬化截面的形状，也能够以较高覆盖率进行硬化。如果要求宽度固定、深度均匀的剖面，万花筒形状是最低廉的解决方案。

工艺参数

保护气体

保护气体在激光热处理中发挥两种功能。保护气体能够防止加热 / 熔化区发生氧化，保护光学元件不受烟雾损害。通常使用的保护气体是氩气和氮气，典型流速约为 20l/min。流速取决于保护方法和用于传送气体的喷嘴直径。

进给率

光束在行进方向的长度由功率密度和轨迹宽度要求确定。热处理通常使用的功率范围是 1~4kW。较高的功率允许使用高进给速度（见图 6），同时也对应着高覆盖率。然而，实际可用范围相当程度上取决于过热与峰值温度不足风险，前者会造成表面熔化，而后者导致无硬化。进给速度通常在微调工艺时变动，从而达到所需的硬化深度和均匀度。

材料

能利用激光技术进行形变硬化的合金范围涵盖所有能够利用传统方法

表3：激光形变硬化的一些工业应用

行业领域	部件	材料
汽车	轴承座	AISI 1035 钢
汽车	冲压模具	工具钢
汽车	发动机气门	合金钢
汽车	齿轮齿	钢
汽车	主轴	钢
汽车	活塞环	钢
汽车	转向齿轮箱	可锻铸铁
民用产品	打字机插入器	AISI 1035钢
机床工具	刀刃	钢
设备	齿轮齿	AISI 1060/低合金钢
设备	芯轴	马氏体不锈钢
设备	压力制动工具	钢
设备	工具床	铸铁
发电站	涡轮叶片边缘	灰铸铁
铁路	柴油发动机缸体	铸铁

表4：激光表面处理总结

工艺	激活器类型	工艺描述
形变硬化	CO_2 与Nd:YAG	局部硬化，硬化层深度可达2mm
包层	CO_2 与Nd:YAG	表面沉积第二种材料
表面合金化	CO_2 与Nd:YAG	局部合金化以改变表面属性
冲击硬化	CO_2 与Nd:YAG	利用激光能量脉冲产生硬化表面层
表面均质化	CO_2 与Nd:YAG	重熔改变表面微结构

进行硬化的材料。钢的硬化响应随着碳含量的增加而提高，0.75%碳含量的钢的硬度值已超过 700HV。此外，因为高冷却速度，普通碳素钢（0.2%碳含量）也会硬化。

铸铁的淬透性是由珠光体量控制的，仅马氏体不锈钢会响应热处理。

近年来，GSI 集团已承接了多个客户的一些项目，以了解连续波 Nd：YAG 激光器的激光热处理。这些工作主要集中在高平均功率（500~2000W）连续波（CW）激光器，下面将介绍取得的一些成果。

表 1 是低碳钢表面处理所使用的条件，以及用不同功率水平及形变处理速度所取得的成果总结。对于低碳钢使用直径 5mm 的焦点，进行形变而不发生熔化的最小速度是 0.5m/min。形变硬化区显示出含有贝氏体的主要马氏体结构，典型微硬度约为 740HV0.2。与 2kW 连续波激光器相比，在横向速度方面，使用 4kW 连续波激光器进行的初步形变硬化试验已提高了加工能力（见表 2）。能达到硬化的最低速度是 3.5m/min。以这个速度生产的样品的显微图如图 7 所示，图中显示的最大处理深度为 0.7mm。激光处理区内测得的最大硬度为 755HV0.3（直径 6mm 的焦点，速度 4.5m/min），而母体硬度为 300HV0.3。

样品的表面条件影响了硬化区尺寸。在同样的加工参数条件下，石墨涂层样品往往比未涂层样品表现出更多的表面熔化。这是可以预料的，因为较高的涂层表面吸收率较高，并且碳能够影响钢的熔点。在相同的处理速度条件下，硬化区普遍较宽，但深度并不比涂层样品更深。通常情况下，CO_2 激光加工样品总是进行涂层以提高吸收性。

应用

汽车和机床工业已经为激光热处理应用的主要领域，表 3 列出了其中的一些应用。

小结

新激光源的可利用性、CAD 软件、过程控制设备和激光热处理工艺知识的不断发展，使激光在许多工业应用得了广泛应用。表 4 总结了激光在表面工程应用中的应用原理。❑

参考文献：

1. GNA NA MUTHU，D.S.“Laser surface treatment”，Applications of Lasers in Material Processing，Proceedings of Conference，Washington DC，18-20 April 1979，Published：Metals Pack，OH44073，American Society for Metals，1979，pp.177-211
2. WELIS，T.C.“An overview of surface coating and treatment processes”，Surfacing J.,1978,9(4)，pp.2-9
3. BREINA N,E.M.，KEAR,B.H. and BANAS，C.M.“Processing materials with lasers”，Physics Today，November 1976,44
4. MEGAW，J.H.P.C.“Laser surface treatments” Surfacing J. 1980，11(1)，pp.6-11

超高速成像

让超高速成像成为现实

超高速分幅相机已经发展成为单独的即插即用系统，在其独特的潜望式光学结构中采用了分光器以及波长选择性元件。

Wai Chan, Keith Taylor；Specialised Imaging公司

通常，超高速分幅相机用于超快现象研究领域，例如高压放电、裂纹扩展、爆炸学以及极高速粒子碰撞研究。现在，这类传统科学已经与生物医学、植物学研究、纳米技术以及空间科学相结合。在这些新领域中，图像捕捉速度并不总是最重要的考量因素。在很多情况下，每秒 50 万帧（fps）或更低的速度也能够满足要求。具备能够“冻结”运动并获得高质量、高分辨率的图像以进行详尽、精确的分析能力才是最关键的。过去，对事件进行拍摄时，有好的图像序列就可以了。但如今，由于通常会将通过图像获取的数据与模拟结果相关联，然后用其调整数值模型，从而加深对物理过程的理解，因此精确定时、高分辨率以及短的曝光时间是必须的。

新成像工具

直到最近，采用分光器的超高速相机还存在着体积过大或渐晕、视差、象散等图像伪影问题。Specialised Imaging 公司与光学设计公司 Resolve Optics Limited 共同开发了基于分光器的 SIM 相机。该相机消除了限制多通道分幅相机性能的光学像差问题。

光学建模软件工具实现了小型潜望式光学设计。利用这一设计，入射到 SIM 相机的 16 个视口的所有波长的光，都具有相等的渡越时间。由于无法预言入射到分光器的光的波长，因此需要格外注意透镜设计，以确保焦平面相对于波长在 350 ～ 900nm 范围内的所有可见光保持一致（见图 1）。分光器上的每个视口都配有 18mm 高分辨率图像增强器，与 1380 × 1040 像素的隔行转移 CCD 传感器相耦合。

增强型 CCD（ICCD）传感器是法国 Photonis 公司专门为 SIM 相机开发的。该 CCD 传感器带有 1 个通道间距为 6 μm 的微通道板（MCP，具有 600 万个通道），分辨率达到了惊人的每毫米 50 线对（lp/mm）。通过快速开关光电阴极以起到超快快门的作用，曝光时间可以短至 3ns。增强器输出端的荧光屏衰减相对较慢，因此 CCD 传感器有足够的时间捕获图像。



图1：Specialised Imaging相机采用16通道分光器设计、小型潜望式光学结构，以及1个用于超高速成像的增强型CCD传感器。

由于 MCP 能够倍增电子并根据施加电压的变化调节增益，因此相机内所有 ICCD 元件的灵敏度可以相互匹配，在捕捉强度快速变化的事件（例如爆炸、等离子体或者放电）的图像时，可以提供必要的精密控制，从而改变每帧图像的灵敏度。将微通道间距 MCP 同高灵敏微粒 P43 荧光

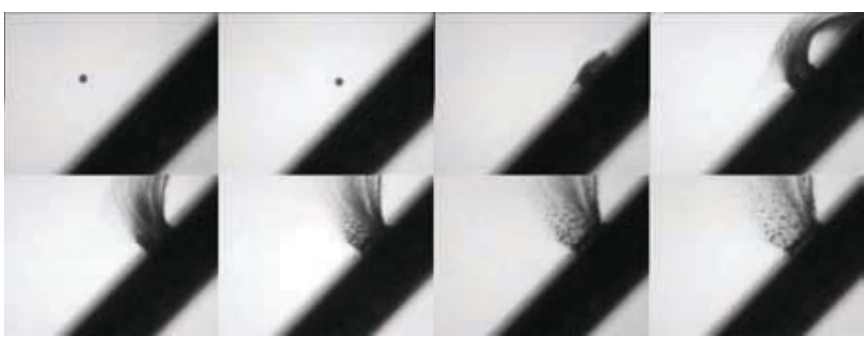


图2：SIMX8分幅相机利用80～200mm的f2.8镜头捕获的直径为1mm的射弹的25mm × 20mm成像视场。相机的最近的对焦距离为50cm。相机以800,000fps的速率采集数据，曝光时间为5ns。背光光源为氙灯。



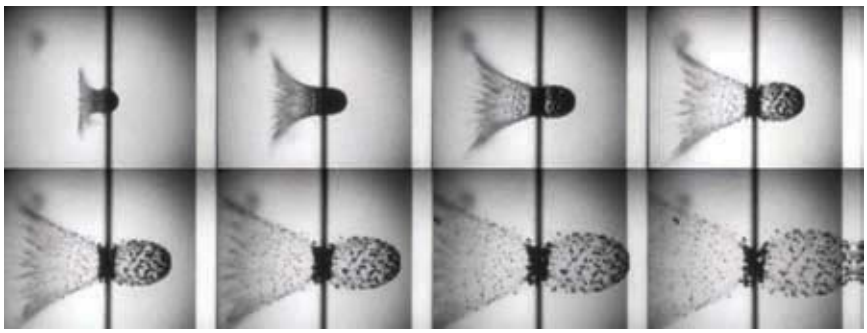


图3：直径为3mm的铝制1100射弹以4119m/s的速度撞击直径为2mm的铝制2024目标靶时，利用SIM8分幅相机和105mm f2.5镜头记录撞击产生的碎片云的变化，得到了63mm的水平视场。数据采集速度为200,000fps，曝光时间为20ns，并且再次使用氙灯作为背景光源。

屏相结合，并通过 4mm 低失真光纤抽头耦合到 CCD 传感器，可以实现 50lp/mm 的分辨率。

利用 ICCD 附近专用的视频信号处理器，将各个通道的 CCD 传感器输出的模拟视频信号转换为 12 比特的数字信号。在将这些信号传送到主控电路之前，使其噪声及干扰降至最低。然后，采用大型现场可编程门阵列（FPGA）装置将 8 路分离的 12 比特数据通道复用到单块高速存储器上。图像序列在存储器中保持不变，直至按照需要将其下载到控制 PC 中。要处理如此大量的高速数据，需要精心设计和布局印刷电路板（PCB），以避免引入不必要的噪声。

灵活控制

要想捕获发生时间为几秒钟的快速事件，需要进行精密控制。但要对仅持续百万分之一秒或者更短时间的现象进行成像，既需要对定时进行极精密的控制，也需要对简单灵活的端触发系统进行精密控制。SIM 系列相机的触发系统能够接收 -50 ～ +50V 范围内的任何电信号。以 1GHz 的速率对触发信号进行采样，以这样脉冲检测时间可以短至 2ns，且具有非常好的可重复性（抖动小于 1ns）。SURESHOT 设备采用两个单独的触发输入，可以进一步增强触发。首先，SURESHOT 依靠两个已知距离的触发点测量 1ns 内的速度；然后根据触发器到相机视场的距离，计时电路计算出准确捕获视场中在预先确定点处运动的物体的第一幅像所需的精确时延。采用这种设备，用户甚至可以在速度不断变化或无法预知的情况下，准确地确定开始记录的精确时刻。

触发信号一旦被接收到，就会被传入高速定时脉冲发生器中。由该发生器同步所有的 ICCD 通道，以确保帧速达到 10 亿 fps（包括重叠的快门时间）。FPGA 内独特的基于随机存取存储器（RAM）的高速定时脉冲发生器，可以产生上升沿到上升沿的时间间隔为 1ns ～ 10ms 的快门脉冲。采用复杂算法可以对每个 ICCD 通道进行独立控制，在 1ns 步长内的曝光时间为 3ns ～ 10ms。定时信号随后被转换为高压脉冲序列，在适当时间对图像增强器进行开关。

极高速运动

对极高速微粒碰撞进行研究是最为繁重的实验之一。这是由于射弹的速度具有不确定性，并且通常需要在

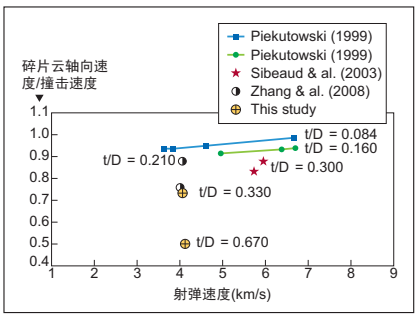


图4：利用SIM相机对碎片云成像所获得的速度值与利用其他成像方法获得的速度值的比较。t/D值代表靶厚度（t）与射弹直径（D）的比值。

较小的 2 ～ 4cm^2 视场（FOV）中拍摄具有高放大率的图像。射弹速度通常为 2 ～ 5km/s。因此，即便是微小的速度变化也可能会导致无法成功捕获图像。射弹运动速度为 1km/s 时，以 1μs 的曝光时间成像将导致 1mm 的动态模糊。如果视场仅为 6.3cm × 5cm，特别是需要从图像中采集解析数据的条件下，这一结果将令人无法接受。

在一个研究 1mm 射弹以 8km/s 的速度与铝靶进行极高速碰撞的实验中，采用 SIM 相机内置的 SURESHOT 触发装置采集图像序列（见图 2）。利用到目标靶射程范围内的两个激光束中断触发点，首先将触发点之间的距离值输入到 SIM 软件中。然后，输入从第二个触发点到拍摄第一帧图像时射弹在视场中所需到达的位置之间的距离。在实时条件下，不考虑速度变化的话，SIMX8 能够精确测量两个触发点之间的速度，并且调整第二个触发的延迟时间，这样射弹就会在第一帧图像中一直处于相同的位置，从而确保在小视场中对快速事件进行无抖动触发。

在一个类似的超高速成像实验中，SIM 相机以极高的清晰度拍摄了小型射弹分裂所导致的碎片云的变化过程（见图 3）。在最初的几张图像中显示了经典的“行进中的羽毛球”形状，这是此类高速碰撞实验研究的特征。人们可以从这些记录以及复原的靶中得到许多量化的信息，从而与计算机模拟结果进行关联比较。此外，也可以将实验中测量到的碎片云轴向速度与采用其他方法得到的结果相比较，包括传统的影像薄膜技术等（见图 4）。[1][2][3][4] 比较结果显示此实验结果与利用其他方法得到的结果一致，并且与通过影像薄膜法得到的值十分接近。这表明数字 SIM 成像能够提供高品质、高分辨率的图像，确保最终能得到精确、可靠的数据。❑

参考文献：
1. A.J. Piekutowski, Int. J. Impact Eng. 23, 711–722 (1999).
2. P.L. Hereil et al., Centre d'Etudes de Gramat Report T2001-00059/CEG/NC, Gramat, France (2001).
3. J.M. Sibeaud et al., Int. J. Impact Eng. 29, 647–658 (2003)
4. Q. Zhang et al., Int. J. Impact Eng. 35, 1884–1891 (2008).

上接第11页

处具有最大透射率，而这恰好是 VECSOL 输出光的波长范围，因此很容易将光束耦合到聚合物光纤中。这一点同样适用于短距离数据通信。另一个潜在的应用领域是有机分子光谱学，包括生物系统或者化学传感。因此，在那些需要中等能量的脉冲激光的应用领域，它可能会取代昂贵笨重的光参量振荡器或液体染料激光器。”

Chénais 相信，如果再对 VECSOL 做一些改进（例如，增加控制良好的波长调谐能力），它将在工业领域引起关注。他指出，目前整套系统的成本几乎就是泵浦激光器的成本；如果采用像激光二极管这类更加廉价的泵浦源，该激光器将更具成本效益。

易于重新涂层

“我们最终的目标是用有机半导体作为增益介质实现电泵浦，但是目前这个设想仍然是一个巨大的挑战，并且在短期内还无法实现。”Chénais 说，“与使用大体积染料掺杂块状聚合物的固体染料激光器相比（或者与其他需要为激活介质制模的更为复杂的结构相比），这种激光器大大降低了由于有机染料自身固有的低光稳定性所带来的局限性，因为清洗腔镜并涂覆一层全新的活性涂层仅仅需要几分钟的时间。”❑

参考文献：
1. H. Rabbani-Haghighi et al., Opt. Lett. 35, 12, p. 1968 (2010).

激光切割

用 400W CW/M 光纤激光器切割厚度 2mm 以下的板材

陆明，英国SPI 激光有限公司深圳代表处

在汽车工业、电子行业和制造业等许多工业应用中，通常会采用激光技术对厚度为 2mm 以下的板材零部件进行切割，其典型应用示例如图 1 所示，而且还有诸多新的应用领域在不断涌现。在一个典型的车间中，通常厚度为 2mm 以下的板材大约占据到物料流的 30%。光纤激光器在成品质量和成本控制方面一向表现出众，尤其适用于板材切割这类应用。光纤激光器切割系统的运行成本比传统的 CO_2 激光切割系统低，而且其所能实现的切割质量也比等离子切割系统高。

与 CO_2 激光切割系统相比，光纤激光切割系统能显著降低运行成本，如图 2 所示。基于 CO_2 激光器的切割系统通常需要每周或每月对光束传输的部分进行维护，才能保证激光切割的性能。相比之下，光纤激光切割系统则是通过光纤把能量直接传输到切割头，将光束传输部分的维护成本降低了约 80%。此外，一套功率 400W 的光纤激光切割系统的成本，相比于功率 1kW 的 CO_2 激光切割系统的成本要低 25%；相比于功率 3kW 的 CO_2 激光切割系统的成本要低 50%。

等离子切割系统由于其内部易损部件的消耗，在一段时间内，其实现的产品切割质量往往参差不齐，需要经常更换易损件。这种切割方法的另一个缺点是：加工过程中会产生较大的热影响区，并且切缝宽度较宽，这样就较难实现高常精细切割质量，同时也容易造成材料浪费。另一点值得注意的是，采用等离子切割的材料只有一边是可用的。

在使用光纤激光切割系统时，则没有任何机械损耗，产品的切割质量能始终保持一致。如图 3 所示，利用光纤激光切割系统切割，热影响区和切缝都比较小，工件能够紧密地排列，能够获得十分精细的切割质量。

在一个既定的车间中，光纤激光器可以用来加工平板、三维模具组件、管材等，因此它是一个非常灵活的工业加工工具。此外，光纤激光器具备较低的维护率和较高的电 - 光转换效率，因此能帮助用户进一步降低生产成本。



图1：厚度为2mm以下板材切割的应用实例。

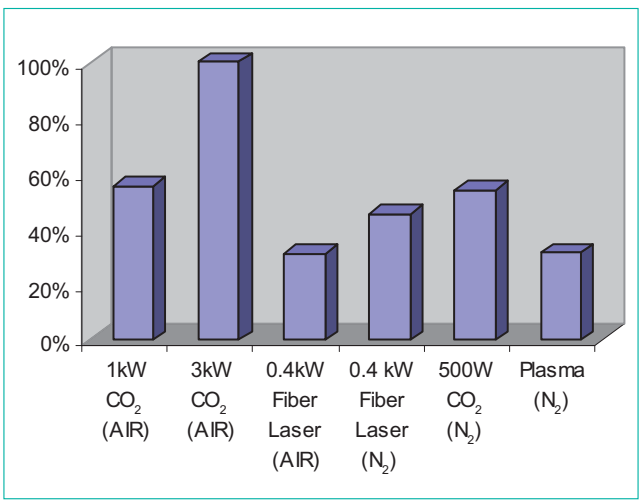


图2：使用不用种类的激光器加工厚度为1mm的不锈钢板的年运营成本对比图。

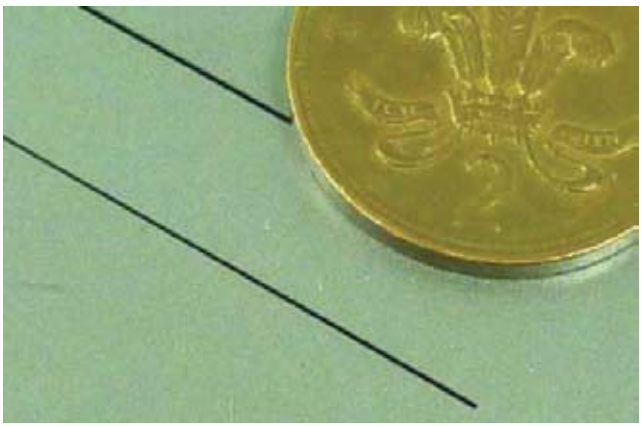


图3：光纤激光器获得的较窄的切缝（厚度为1mm的不锈钢薄板，切割速度为8.5m/min）。

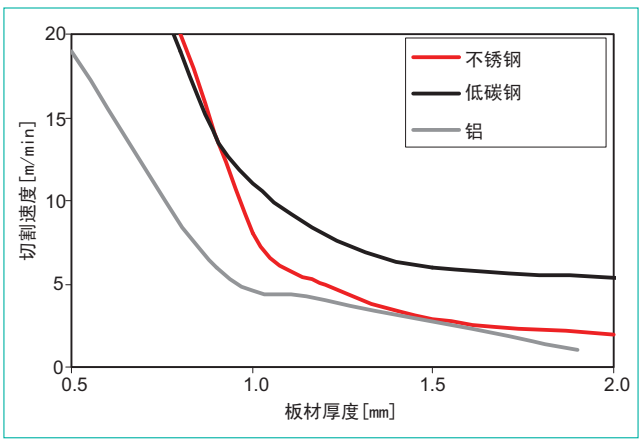


图4：使用400W连续光纤激光器切割厚度小于2mm的低碳钢、不锈钢和铝材的切割速度对比图。

激光切割测试

激光切割测试中使用的是 redPOWER 系列激光器，测试结果如图 4 所示，不锈钢和铝材的切边情况如图 5 所示。这些测试数据证明了该切割系统所能实现的较高的切割速度和切割质量。由于该系统的激光聚焦光斑极小，并结合了优质的光束质量和高功率输出，因此能获得极好的切边质量，几乎没有废渣产生，热影响区域也非常小。

排样

光纤激光切割系统非常适于高效的排样组件切割，其典型的排样切割如图 6 所示。由于光纤激光切割系统能实现较窄的切缝和较小的热影响区，因此工件能紧密地排列在一起，甚至是连接在一起。使用排样法时，光纤激光切割系统相比于高精度等离子切割系统，能节省



图6：典型的紧凑型切割排样设计。

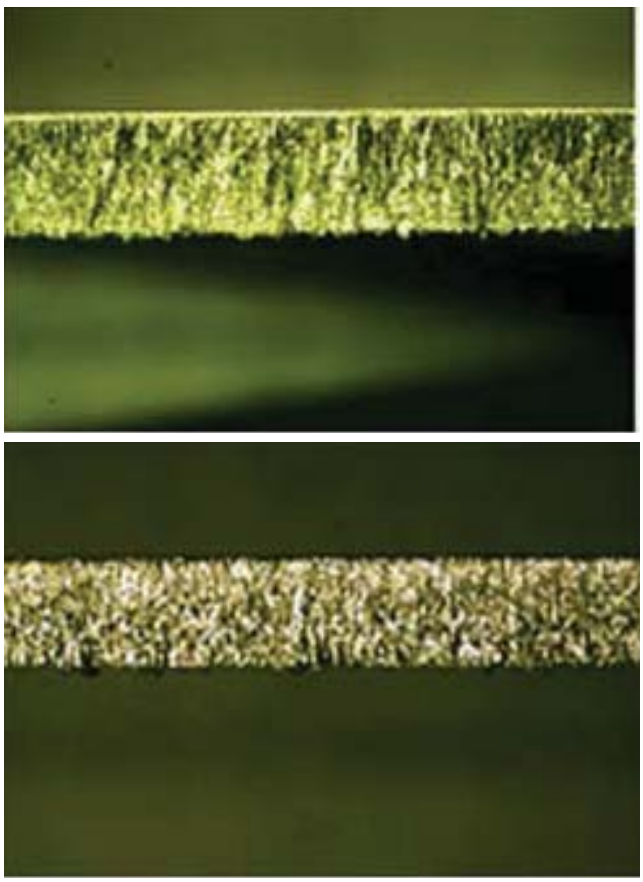


图5：使用redPOWER系列光纤激光器切割厚度为2mm的金属板材所实现的切边效果（左图为铝材，右图为不锈钢）。

15% 的板材，从而令制造商能从高效、节能、实用的激光加工系统中获益。

当需要对厚度低于 2mm 的金属板材进行切割加工时，redPOWER 系列光纤激光器的表现具备明显优势。对于许多应用来说，光纤激光器都是理想的解决方案，随着光纤激光器技术的成熟，其将为用户带来高质量的加工品质和低廉的制造成本。❑

应用天地 Applications

激光焊接

半导体激光器在焊接领域的应用

德国DILAS半导体激光器公司

随着各种技术的发展，半导体激光器已经能在多种焊接应用中一展身手。在实际工业生产中，半导体激光器已能够焊接汽车、电子产品、医疗设备制造中的诸多敏感零部件，并且也能为食品包装和消费电子市场提供相关的焊接服务。

COMPACT（见图1）是德国DILAS公司推出的高功率半导体激光器系统，该系统采用工业标准的19英寸机箱封装，这种模块化的设计理念，能为OEM供应商提供紧凑简洁的焊接解决方案。COMPACT系统的输出功率范围最高可达500W，并提供标准界面与相关接口。

此外，DILAS公司还为COMPACT的应用提供定制化配件，如激光加工头、光学成像系统、振镜扫描头和高温计等，从而加大对生产制程的控制，实现高质量的焊接效果。下面将介绍COMPACT系统在焊接塑料和薄片金属中的实际表现情况。

塑料焊接

除了传统的塑料焊接方法外，用激光焊接塑料已被证明是一种可行性方案。目前，利用激光焊接方案已经能够焊接汽车、电子、医疗设备制造中的敏感零部件，并且能服务食品包装和消费电子市场。与传统的塑料焊接方法相比，激光塑料焊接具备如下优势：

- 最小的机械应力；
- 最小的热应力；
- 稳定的焊接过程；
- 极大的焊接灵活性；
- 完全无粒子产生；
- 内部连接；
- 小的熔融物喷射；
- 不需要附加的吸收剂；
- 高质量和牢固的焊接质量。

图2中显示了用COMPACT激光系统焊接的几种塑料产品的实际情况COMPACT激光系统焊接的几种塑料产品的实际情况。



图1：DILAS公司COMPACT半导体激光器系统。

实现完美表面与牢固焊接的灵活过程

为了实现具备完美表面的牢固性焊接，通常使用重叠和光束透射焊接（transmission welding）。对红外区域的激光能量的吸收，通常是通过颜料实现的。在透射焊接中，激光辐射透过一个被焊接的部件，被另一被焊接的部件吸收。现在激光能够焊接多种颜色的塑料，并通过向焊接处添加各种颜料实现更高的焊机牢固性。相比



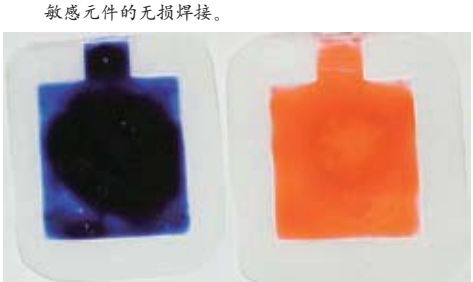
液体运输部件无粒子焊接，实现紧密焊缝。



敏感元件的无损焊接。



设计表面的完美焊接。



焊接透明材料，获得紧密的焊缝。

图2：COMPACT激光系统的几种焊接应用实例。

激光世界 LaserFocusWorld China 广告索引 Ad Index | 目录 Content | 推荐朋友 Refer a friend | 免费赠阅 Subscribe ACT

于粘接、超声焊接、振动焊接以及热焊接等传统的焊接方式，激光焊接拥有诸多优势。

粘接通常需要对接触面进行预处理，并且要使用有机溶剂。热焊接虽然成本较低，但是其焊接速度相对缓慢，并且容易有磨损情况发生；而且，通常这种焊接方法的热影响区较大，因此不适合敏感零部件的焊接。摩擦焊接、振动焊接和超声波焊接，将会对焊接部件施加较大的机械力，这使得焊接结构更为复杂，并且需要定期检查工作。

与上述焊接方法相比，激光焊接的优势凸显。激光焊接产生最小的热应力和机械应力。而且，激光焊接非常清洁，没有颗粒产生，也不需要溶剂，并具有高度灵活性，焊接是在被连接物体的内部进行的。

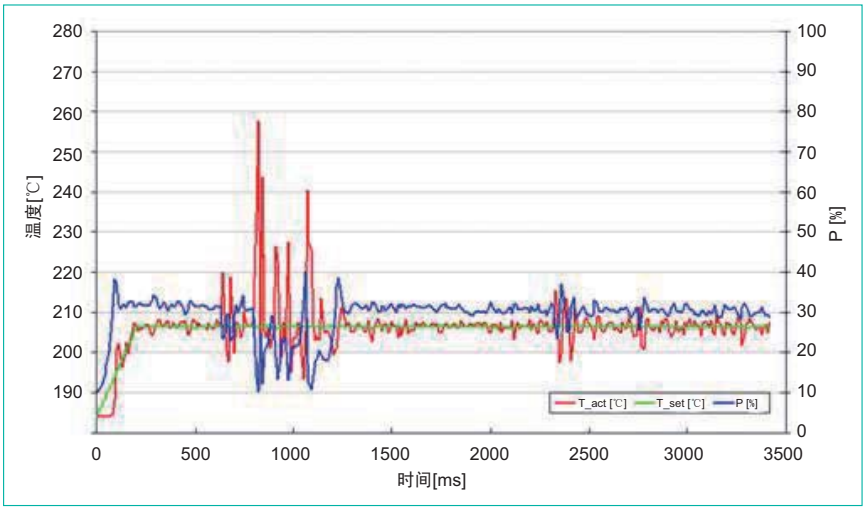


图3：COMPACT高功率半导体激光器系统与高温计一起使用所实现的温度稳定性。

焊接过程的可靠性与控制

实际应用表明，在激光焊接应用中，高温计是一个非常有用的工具。将 COMPACT 高功率半导体激光器系统与高温计一起使用，能够实现非接触式温度测量，并且能够快速调节温



应用天地 Applications



高焊接质量



薄壁管的纵向焊缝



薄金属零件的焊接



电焊

图4：用COMPACT系统实现的一些薄金属焊接实例。

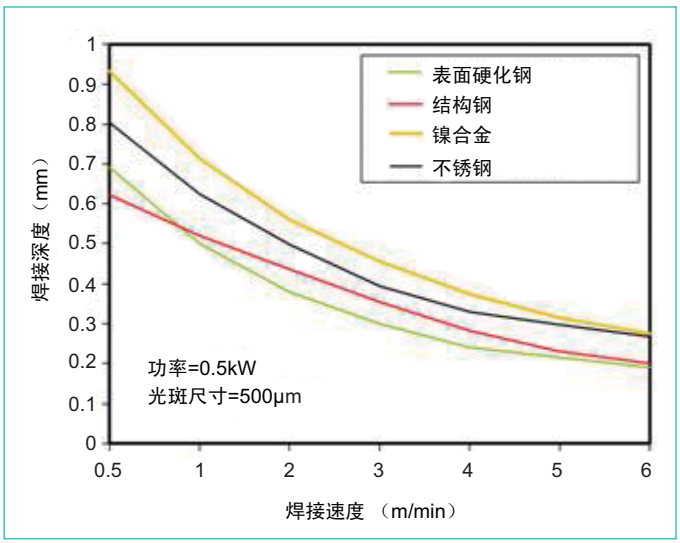


图5：用COMPACT系统焊接不同材料的金属时的焊接速度与焊接深度之间的关系曲线。

度保持稳定（见图 3）。这种闭环温度控制系统，能使焊接过程始终保持在一个恒定的温度下进行，以避免由于过热所造成的损伤。

温度信号可以在一个定义的过程窗口中用图标的形式生动地显示出来，这样就能够随时发现焊接不合格的部件，并将其挑选出来。除此之外，DILAS 还为用户提供具备色彩校正 f-Theta 透镜的检流计扫描器。

波长

除了标准的透射焊接波长外，COMPACT 高功率半导体激光器系统还提供 1940nm 波长。在此波段，在不需要使用任何额外的激光能量吸收剂的情况下，就能用 COMPACT 系统实现对两个透明薄皮或两个透明零部件的焊接。在焊接透明的塑料产品时，DILAS 还允许用户使用其专利产品——PCT/EP99/05109。

金属薄片焊接

激光连续波焊接金属是经过实践验证的有效方法，能够确保高精确度的焊接过程。

COMPACT 系统能够实现广泛的精密金属焊接，如焊接电子元器件、传感器、压力开关或气阀等配件以及补偿器、外科手术器械、管道和薄膜等产品。尤其是当焊接厚度只有 0.8mm 的薄片金属时，半导体激光器实现的焊接质量明显优于灯泵浦的连续波固体激光器。图 4 显示了用 COMPACT 系统实现的一些金属薄片焊接实例。

高焊接质量

COMPACT 系统结构紧凑，性能高效，并且操作维护也非常简便。其在焊接金属薄片时，表现出如下优势：

- 高度的可靠性和灵活性；
- 焊接质量好，无需反复操作；
- 无辅助性工具，无 缝焊接；
- 焊接速度快；
- 相对投资成本低；
- 热影响区小，热应力小。

经济实用的薄片金属焊接方案

半导体激光器是最有效的激光光源。半导体激光器的电 - 光转换效率是的灯泵浦固体激光的 10 倍以上。因此，半导体激光器具有相对较低的使用成本、较高的效率高和紧凑的结构，是一种非常经济实用的解决方案。COMPACT 系统安装简单、使用方便，能够很容易地集成到现有的产品线中，并且该系统的高度可靠性，也免去了用户很多的保养和维修成本。

用 COMPACT 半导体激光器系统实现的高质量焊缝，能够减少由于重复加工所带来的成本和时间需求。根据应用的不同，半导体激光器焊接有可能完全消除重复加工。当焊接厚度低于 1mm 的金属零部件时，仅需要几百瓦的输出功率。

通常情况下，半导体激光器能够获得 400~800 μ m 的光斑尺寸，因此其光束质量已经与灯泵浦的 Nd:YAG 激光器的光束质量相当。图 5 是用 COMPACT 系统焊接不同材料的金属时的焊接速度与焊接深度之间的关系曲线。❑

科研应用

激光在教学科研领域的应用与普及

武汉华工激光工程有限责任公司

随着1960年世界上第一台激光器诞生，50年来，激光科学技术以其独有的特性和强大的生命力在国防、科技、工业、农业、医学、教育、日常生活等几乎所有领域得到了迅速发展和广泛应用。近年来，教学与基础科研领域也越来越多地认识到激光在科研与教学中发挥的巨大作用。

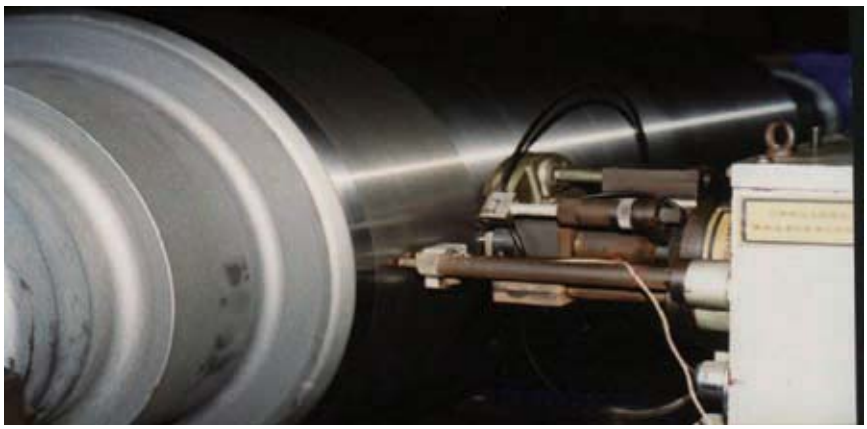


图1：用激光淬火对材料进行表面处理。





图2：激光技术在科研领域的广泛应用实例。

教学与培训应用

激光在教学与培训领域的应用主要针对的是职业院校。激光制造业是高科技的光机电一体化新型产业，是光子学、电学、计算机技术、信息学与机械学结合而成的综合性高技术产业。由于激光在各个行业内的应用越来越广泛，现在很多工厂的加工已经使用激光加工替代了传统的加工方式，这在通讯电脑等行业中表现得尤为明显。因此，对于激光加工的专业职业人才的需求也越来越大。

目前社会上急需懂得激光知识、掌握激光工程技术的应用型技术人才。但目前激光应用这个专业的技术人才奇缺，数量和质量都满足不了市场要求，具有大专以上学历的人才还不到30%，培养合格的激光应用技术人才是当务之急。这种供需矛盾突出的现状将会持续若干年，短时期内很难缓解，因此学生就业前景广阔。目前少数职业技术学院与激光企业联合开办激光加工技术专业，激光企业就业率95%，大部分就业于国家（武汉）光电子产业园和深圳激光企业，可以说现在市场对激光应用技术人才是供不应求。

因此，这对职业院校的专业设置与人才培养也提出了新的要求。高职院校的激光应用专业培养的人才在激光生产领域中，低者从事生产技术和技术服务工作，高者从事重要的技术或关键工作；或在激光加工业领域中，从事具体激光加工工艺、试验、操作、维护等具体工作。这些人才应当善于将产品设计转化为生产工艺和施实要求，并指导或参与产品的生产和检验活动。

由于社会上对此类人才的高要求，有大批的职业院校购买激光设备用于对学生进行操作培训，同时也可以承接对外加工业务，这部分市场需求量比较大的激光设备主要有：固体激光打标机、CO_2 激光雕刻切割机、多功能固体激光加工机、射频激励 CO_2 激光器等。

科研应用

激光技术在科研领域的应用主要针对高等院校。由于激光的高能量特点，而且对加工对象的材质、形状、

下转第36页

应用天地 Applications

光谱分析

拉曼光谱在食品安全检测中的应用

刘晓伟，吴维，朱冬寅，孙玲；海洋光学亚洲分公司

当今世界食品安全问题发生频繁，越来越复杂，危害性也越来越大。以三聚氰胺、苏丹红、孔雀石绿等为代表的有害非法添加物造成的食品安全事件屡见不鲜。这使得有害非法添加物的社会检测需求不断增大，发展快速、准确的有害非法添加物检测技术已成为当务之急。

目前，检测这些常见非法添加物的方法主要包括 GC-MS、HPLC、LC-MS 等方法。这些方法虽然能够对未知样品进行定量检测，确定其物质成分，但预处理过程繁琐、检测成本高、送检周期长、仪器昂贵的缺陷也日益凸显。

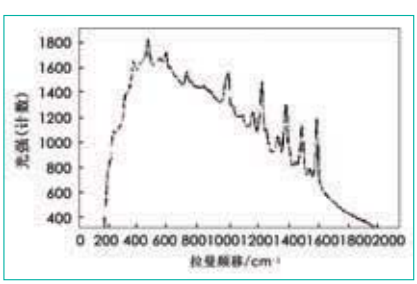
拉曼光谱是一种基于拉曼散射原理的分子光谱指痕鉴定方法。当光与分子相互作用而散射时，大部分将被弹性散射，只有少数光子发生拉曼散射（非弹性散射），此时，光子把部分能量转移给分子，使散射光频率发生位移，位移量携带分子信息。分子结构不同，则位移量不同，相应的拉曼图谱也有所不同。根据所得到的拉曼图谱可以检测样品中化学物质的存在及相对含量。

拉曼光谱法作为一种快速、无损、安全的检测技术，具有快速准确、重现性好、样品前处理简单、紧凑便携、适用广泛等特点，已经在检测有害非法添加物（如牛奶中的三聚氰胺）、超量超范围使用添加剂（如食品中的合成色素等）、水果蔬菜的农药残留、筛检掺假食品（如果汁饮料掺假等）等食品安全检测领域发挥着积极的作用。

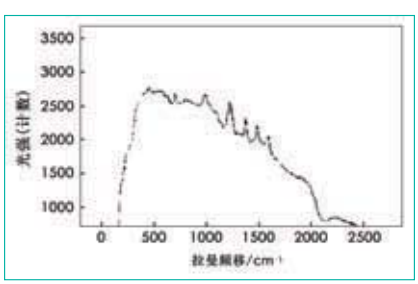
应用海洋光学的 R3000 拉曼光谱仪可对偶氮类染料苏丹红 I 、II 、III 标样进行检测。图 1 给出了苏丹红 I 、II 、III 的拉曼光谱，其中苏丹红 I 在 458cm^{-1}、718cm^{-1}、990cm^{-1}、1091cm^{-1}、1163cm^{-1}、1224cm^{-1}、1335cm^{-1}、1385cm^{-1}、1450cm^{-1}、1492cm^{-1}、1593cm^{-1} 处有特征拉曼出现；苏丹红 II 的特征拉曼峰较少，454cm^{-1}、708cm^{-1}、982cm^{-1}、1225cm^{-1}、1378cm^{-1}、1492cm^{-1}、1602cm^{-1}；苏丹红 III 的特征拉曼峰为 456cm^{-1}、716cm^{-1}、981cm^{-1}、1127cm^{-1}、1227cm^{-1}、1383cm^{-1}、1415cm^{-1}、1437cm^{-1}、1492cm^{-1}、1591cm^{-1}。

除了有害非法添加剂标样的检测，该系统同时也应用在检测辣椒酱、番茄酱、饮料等食品样品中苏丹红含量的研究中。结合相对简单的前处理手段，通过有机萃取和净化，可有效去除萃取液中某些成分对于苏丹红拉曼信号的干扰。目前，应用 Aspire 系列拉曼光谱系统（见图 2），苏丹红的标样检测限可达到 10 μg/L，系统检测时间小于 1 分钟；通过建立用户自己的波谱库及特定的检测方法，Aspire 可实现对三聚氰胺、苏丹红、孔雀石绿等多种非法添加物的快速筛查。

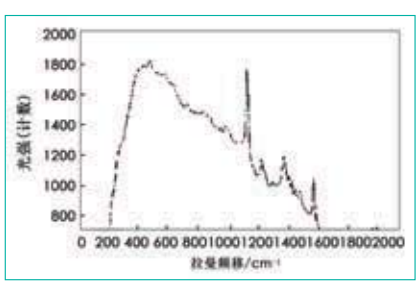
经过几十年的发展，拉曼光谱技术已成为一门比较成熟的分析测试方法，是一种可应用于食品安全领域的切实可行的光学技术，该技术具有快速准确、重现性好、样品前处理简单、紧凑便携、适用广泛等特点。相信随着光谱仪器及分析技术的发展，拉曼



（I）



（II）



（III）

图1：苏丹红 I 、II 、III 的拉曼光谱图。

高功率激光器抽运源



德国DILAS半导体激光有限公司提供高功率半导体激光器，具有功率高、寿命长、波长全、式样多等特点。DILAS高功率半导体光纤耦合模块中心波长范围覆盖630nm–2200nm，是固体激光器，碟片激光器和光纤激光器理想的抽运源。

基于德国先进的工艺技术，传导冷却单阵列光纤耦合和传导冷却多阵列光纤耦合的半导体激光模块，具有紧凑密闭封装设计和稳定可靠的配置，每个DILAS模块都经过100%出厂检验，性能稳定，安装便捷。

DILAS可根据客户要求定制激光解决方案，提高客户满意度是DILAS一贯不变的追求，DILAS绝对是您值得信赖的全球合作伙伴。

德国DILAS将参加2010年10月27–29日在北京中国国际展览中心举办的ILOPE2010，DILAS展位号3510，敬请光临。

更多DILAS技术问题，敬请联系：

电话：021–68552216–296

邮箱：sales@dilas–china.com.cn

DILAS
The diode laser company.

DILAS.COM

应用天地 Applications



图2：Aspire系列拉曼光谱系统



图3：基于QE65000的拉曼光谱分析系统。

光谱在食品安全检测领域必将获得更广泛的应用。

典型拉曼光谱产品

海洋光学在拉曼光谱仪领域具有强大的技术实力，公司的拉曼光谱仪主要分为两类：一类是模块拉曼，另一类是整机拉曼。其中模块拉曼由光谱仪（如 MAYA2000PRO、QE65000、USB2000+、JAZ 等）、激光器（如 LASER-785-IP-LAB 系列）和探头（如 RIP-RPB-785 系列）组成，用户可根据具体应用需求进行自由组合配置；整机拉曼包括 RSL-PLUS、ASPIRE、R-3000 等产品，可满足不同领域对拉曼光谱仪的使用要求。QE65000 光谱仪为海洋光学公司研制的一种高灵敏度检测拉曼散射的分析仪器。该仪器内置的高像素线性 CCD 阵列检测器，对光量子检测效率高达 90%，可使用低能量激光，信噪比为 1200：1，并且体积小（尺寸规格为 182mm × 110mm × 47mm），与 LASER-785 激光发射器和光纤探针结合使用，可集成适用于快速现场检测要求的便携式拉曼光谱分析系统（见图 3）。❑

上接第33页

尺寸和加工环境的自由度很大，因此激光加工是一种非常好的辅助加工手段，应用范围十分广泛。这部分市场以材料学院的材料学研究为主，又可具体细分为：

（1）材料加工

根据科研需要，材料加工是指对材料进行打孔、切割、焊接等操作。激光加工除了具有无接触加工的优点外，激光几乎还可雕刻切割任何材料，而且不受加工数量的限制，对于小批量加工服务，激光加工方式更具价格优势。通常，这部分市场以购置多功能固体激光加工机为主。

（2）材料淬火等表面处理

激光淬火的功率密度高，冷却速度快，不需要水或油等冷却介质，是清洁、快速的淬火工艺（见图 1）。而且，尤为重要的是，激光淬火前后工件的变形几乎可以忽略不计，因此激光淬火特别适用于高精度要求的零件表面处理。这部分市场以购置高功率 CO_2 激光热处理设备为主。

（3）模具制造

模具制造又包括模具激光制造、模具表面激光改性、模具激光修复、模具激光清洗等。随着新技术新工艺的发展，有许多传统的处理方式已不太适用。对于形状复杂的模具，最理想的表面处理方式是用激光处理，它几乎不产生形变，而且表面硬度比常规处理方式更高，并且更耐磨，使用寿命更长。基于快速凝固新材料合成与制备的激光表面合金化及激光熔覆表面改性技术，也是提高模具材料在高温下的耐磨耐蚀性等高温性能的最有效方法之一。此外，这类应用还有激光相变硬化、激光冲击强化等。这部分应用市场以购置模具焊接机为主。

（4）其他各行业的科研

除了以上介绍的各类科研应用外，激光在科研领域的应用包括半导体研究、军事国防通讯设备研究等（见图 2），这些应用涉及激光打标、焊接、切割等多种激光加工方式。

随着人们越来越意识到激光在现代工业制造中所起的重要作用，激光教育的普及也成为很多职业及高等院校的重点工作，为此，华工激光等国内的龙头激光企业将为激光教育的推广普及不遗余力。❑

应用简讯

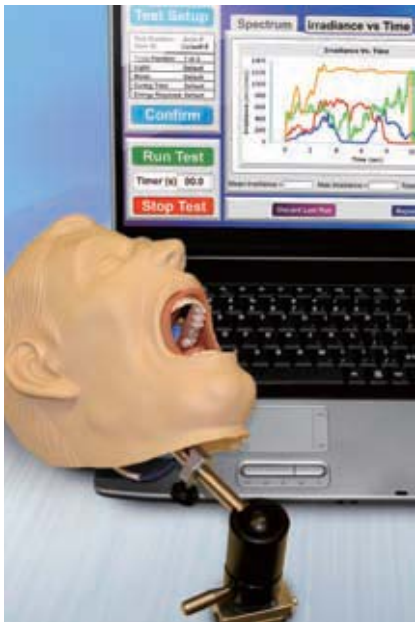
海洋光学光谱仪助牙医实现更高效的光治疗

海洋光学亚洲分公司

海洋光学公司经过光谱辐射校准的 USB4000 光谱仪，能帮助牙医更高效的进行树脂填充牙空洞光硬化治疗。该光谱仪是精确控制树脂治疗系统（MARC）的核心部件，该系统由 Richard Price 博士及加拿大 Dalhousie 大学的研究者，并经由 BlueLight analytics 公司实现了商业化。

Price 博士自 2002 年起便在实验室中采用海洋光学的光谱仪来研究测量牙齿等的光治疗，目前已在国际上发表了数十篇具有影响力的论文。

MARC 系统可以监控测量牙齿树脂修复治疗中的光输出，光量太多或太少都会影响树脂填充修复寿命，及对牙齿造成潜在创伤。MARC 系统配备一个实验室级别的 NIST 参考标准 USB4000 光谱仪，牙科研究者、医师等可以精确地测量不同牙齿修复当中的光谱能量输出，单位为 mW/cm^2 或 J/cm^2。



图：Blue Light公司的MARC系统利用海洋光学的USB4000光谱仪来精确监控牙齿的光治疗。

只比手机稍大的微型光纤光谱仪 USB4000，采用东芝 3648 像元的线阵 CCD 探测器，可以进行高速采集。对于 MARC 系统，该光谱仪经过海洋光学的 NIST 标准辐射灯（300~1050nm）进行了光谱辐射校准。MARC 也可以利用 CC-3 余弦校正器来收集 180° 角的光辐射。该装置可以消除取样采集过程中由于采样距离等原因造成的采光不均匀等影响。

BlueLight 公司总裁兼首席执行官 Colin Deacon 表示：“MARC 系统的应用价值及市场潜力是非常可观的，仅美国每年就有近 130 百万例的牙科修复手术。”

通过合作开发 MARC 系统，BlueLight 正与海洋光学的 OEM 工程团队紧密合作。海洋光学的 OEM 工程团队将帮助 OEM 客户将其产品更快、更好地推向市场，以满足商业应用的需求。该技术团队提供从整套系统设计到子部件光纤、光源、镀膜传感及配件的技术支持。海洋光学已获 ISO 9001:2008 认证，可以提供整套系统集成及子部件开发的产品及技术支持。❑

IPG高功率光纤激光器切割厚板材获新进展

IPG光子公司

IPG 光子公司近日在德国布尔巴赫应用实验室所做的实验表明，用 IPG 高功率光纤激光器切割厚板材（厚度为 25mm 的碳钢）样品，其切割速度和切割效果均能与使用 CO_2 激光器切割达到的效果相媲美。

在钣金领域，IPG 光纤激光器在切割中薄板时，能实现高效率、高可靠性和卓越的切割质量。对厚度为 8~10mm 的板材，其 1.5kW 光纤激光器切割钢板时，所实现的端面质量和切割速度与 2kW 的 CO_2 激光器所实现的切割效果相当。另外，作为 2D、3D 切割系统的核心部分，光纤激光器与其他激光器相比，具有如下优势：

- 无镜片
- 无耗材
- 无需预热
- 免维护
- 无需启动时间
- 体积小巧易集成
- 低碳节能

因此，光纤激光器可以为客户节约大量费用，被业界公认为综合使用成本最低的激光器。

在此之前，用光纤激光器切割厚度为 8mm 以上的钢板，其切割的端面质量一直难以令人满意，现在这种局面已得到了改观。当切割厚板材时，

CASTECH®

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

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

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

公司新大楼



产品系列

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


LBO


BBO


KTP


Nd:YLF

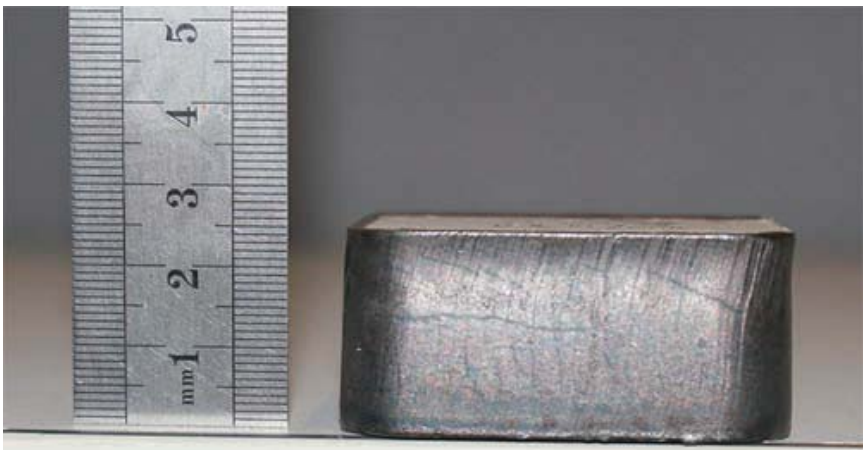

光学件产品

new
磁光晶体系列
TGG

new
超长Nd:YVO4晶体

new
BBO-Q开关 &
Q开关驱动源

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



图：用光纤激光器切割25mm厚的碳钢所实现的切割效果。

第一步就需要确认工艺来量化切割质量。基于对最粗糙部分切割表面粗糙度的分析，来测量表面粗糙度，并在DIN 规格 9013 表上进行测定，是一种被广泛接受的工艺。这种工艺能在不同结果中做出精准的定量对比。光纤激光器在熔融切割过程中，会由一个共轴管口提供氧气进行助燃，完成切割，通过放热反应进而为切割传递大量能量。因此，当用光纤激光器切割厚度大于 12.5mm 的钢板时，其切割速度与 CO_2 激光器的切割速度相差无几。

随着光纤激光器切割工艺水平的不断提高，将会有越来越多切割系统选择光纤激光器作为系统光源。❑

SPI公司光纤激光器成功打入汽车3D切割领域

英国SPI 激光有限公司

自 2010 年以来，SPI 激光公司的 300W 和 400W 单模光纤激光器已成功打入汽车车身 3D 切割领域。汽车车身 3D 切割要求高质量、高可靠性的激光光源，激光器的光斑模式和输出稳定性对于切割质量至关重要。SPI 激光公司的连续激光器已广泛应用于汽车领域，大大提高了汽车车身的切割速度和切割质量（见图）。

SPI R4 400W 连续光纤激光器于 2009 年年底推出，400W 单模和多模光纤激光器为应用工程师提供了一种灵活的加工工具，优化的激光束使其适合各种切割和焊接应用。单模的光束输出是切割应用的理想工具，而平顶多模光束所产生的较大的光斑是许多焊接应用的首选，它可以应用于公差要求较大的焊接领域，改进焊接过程的控制。除了焊接应用外，该光纤激光器的高品质光束适用于所有薄型和中型金属切割。

多模 400W 激光器完善了单模激光器的产品系列，性能优良，能实现高速金属和陶瓷材料的切割、划刻与雕刻加工。与传统的激光光源相比，除了光纤激光器固有的优势外，R4 系列还具备独特的应用灵活性、更高的能源效率和更低的拥有成本。



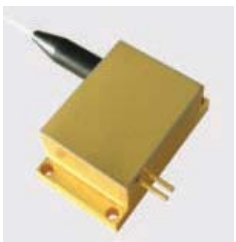
图：SPI 400W激光器用于机械臂3D切割。

新的替代能源市场在世界范围内，尤其在中国，渐渐显露头角。太阳能电池产品、水利发电以及燃料电池产品的加工过程，均运用了激光进行切割、划片以及焊接。SPI 的光纤激光器能实现优于传统的二极管泵浦固体激光器（DPSS）的加工效果，同时还能降低生产成本，提高生产力。

目前，很多用户都对用光纤激光器进行切割兴趣浓厚。相比于传统的加工方式，激光切割质量好、效率高，在钣金加工领域是一种趋势。目前来看，随着环保、人工成本等考量因素逐步引起人们的关注，传统的加工技术已经不适应时代的发展，而激光加工这一高端技术也不仅仅用于高精尖加工制造领域，现在激光加工已经开始渗透到诸多普通行业，如传统液晶显示器行业中的 ITO 膜采用化学腐蚀的方法来刻蚀，不但效率低，而且污染大，不利于环保，迫切需要新的替代解决方案。预计在今后的几年中，用激光加工薄膜太阳能和 ITO 膜，将会成为光纤激光器应用的一大热点。❑

新品展示 New Products

凯普林9xxnm/25W/105μm高亮度半导体激光器

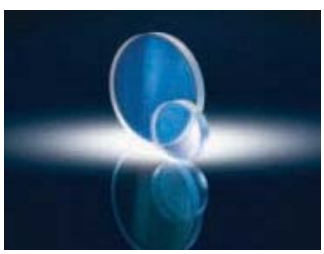


凯普林公司的9xxnm高亮度半导体激光器系列是为光纤激光器开发的泵浦源，已推出10W、20W和25W的产品。25W产品由多支9xxnm波长单管串联组成，采用公司专利封装耦合技术，由芯径105μm、数值孔径0.22的光纤输出。产品体积小、寿命长、可靠性高，具有1050~1150nm波段防反射设计，为光纤激光器提供更多保护。

凯普林自主研发的多路半导体激光器封装耦合技术，针对光纤激光器体积小、结构简单、高功率等需求，集成了半导体激光器小型化封装、高功率密度输出和防反射等自有知识产权的核心技术，满足不同的用户需求。

www.bwt-bj.com

爱特蒙特光学TECHSPEC®球差补偿板



爱特蒙特光学的TECHSPEC®球差补偿板，采用精密BK7材质，可用来校正光学系统的球差，使用简便。

当光学系统的光路通过球差补偿板时，可补偿大部分球差，提高系统像质，降低系统设计复杂性。在使用时需将球差补偿板接近瞳孔位置，透射波前精度可达1/10λ，适合用于小视场范围的球差校正。

本品本身存在球差，放置于光学系统中抵消系统中存在的球差；标有负号的球差补偿板的球差过校正，标有正号的球差欠校正。可选直径为12.5mm、25mm以及50mm的正球差板和负球差板，球差值有0.25λ、0.50λ以及1.00λ可选。www.edmundoptics.com

用于蓝光激光二极管的非球面镜头

LightPath Technologies公司推出专为蓝光激光二极管优化的系列镜头——四款非球面镜头。这些镜头适用于输出波长在405~488nm的激光二极管。这些镜头是流式细胞仪、显微镜、荧光光谱设备等生物仪器应用中，用于蓝光激光器准直的首选光学元件。

最新推出的这四款非球面镜头，将能直接满足快速增长的生物数据存储市场的需求。www.lightpath.com

华工激光自主研发的光纤激光打标机



华工激光推出的LSF10系列光纤激光打标机，采用自主研发的光纤激光器，具有脉宽窄、峰值功率高、内置光隔不惧高反等特点。

传统光隔离器会造成约10%的激光能量损失，华工自主研发的光纤激光器，采用偏振无关性光隔离技术，能量损失仅为1%。通常10W带光隔的光纤激光器只能输出9W的功率，而华工的光纤激光器可以输出9.9W的功率。

LSF10系列光纤激光打标机单色性好，镜片反射能量损失小，加工质量好，适用于精密、精细打标。其体积小巧，搬运方便，体积最小的可以达到普通激光打标机的1/10，能适应加工地点经常变换的要求，实现产品便携化，完全可取代灯泵浦及半导体侧泵激光打标机，成为工业打标领域的主打机型。www.hglaser.com

高光科技推出超窄线宽光纤激光器模块



Ethernal ™ SlowLight ™激光器是一款超稳定、低噪声光纤激光器，突破性的“虚拟环”激光振荡器在紧凑的线性全光纤腔体中产生行波和慢光振荡，行波振荡产生高功率、低噪声和高边模抑制比。SlowLight ™技术有效地增加了激光腔的寿命，产生超低的调频和调幅噪声。

Ethernal ™ SlowLight ™光纤激光器采用被动稳定技术且消除了波长和温度控制的必要性。StableLase ™技术把光纤激光器对冲击和振动的敏感度大幅降低了5个数量级，使该产品的稳定性和性能可满足工业和军事应用要求。

目前产品有1047~1064nm和1530 ~1565nm两种波长范围可选。其他特点包括：线宽小于200Hz；信噪比大于80dB；边模抑制比大于75dB；频率稳定性小于1MHz/℃；输出功率大于350mW；工业上极低的幅度和相位噪声。主要应用包括：声学传感，海上和边界安全；LIDAR、ALSM或激光测高；种子注入式激光器；相干通信、射频和微波光子；光谱、气体吸收测试；管线监控、泄漏检测；国防、运动和入侵探测；油气勘探系统。

www.clight.com.cn

New Products 新品展示

爱特蒙特光学推出镜头选择应用程序

爱特蒙特光学推出 iPhone/iTouch 应用软件，以帮助客户选择合适的镜头用于视觉系统装配工程。这种 iPhone 镜头选择程序可确保用户在琳琅满目的镜头中选择合适的产品。

用户只需要将视场角、工作距离以及传感器尺寸这三个参数输入镜头选择应用程序，程序就会在纷繁复杂的 TECHSPEC® 成像镜头中（包括定焦镜头和远心镜头）选择出最合适的一款镜头。即使找不到合适的产品，也会给出参数最接近的镜头，大多数用户可调整其系统来解决这种问题。www.edmundoptics.com

北京卓立汉光推出生物荧光影像系统



北京卓立汉光公司新推出生物荧光影像系统，用于 Micro-CT 系统，或称小型活体生物光学断层扫描 (OCT)。该系统由电动位移及控制 (多轴平移和旋转)、光路、成像系统等部分组成。

该系统光斑小、扫描精度高，同时采用精密型电移台 (PSA200-11-X)、精密型旋转台 (RAK100) 等产品，配合光源和 CCD，可用于检测生物荧光影像。www.zolix.com.cn

雷畴科技集成一体化光纤耦合半导体激光系统



浙江雷畴科技有限公司推出 2010 年全新升级版 ZFL-D 系列集成一体化光纤耦合半导体激光系统。该系列产品波长包括 808/880/915/938/976nm，光纤芯径分别为 100/200/400/600μm，激光输出功率最高可达 250W。该系统采用高可靠性德国进口激光模块，温控精度可达 ±0.1℃，可提供激光功率显示，可通过远程控制台软件改变激光输出功率，具有完备的激光保护和防护功能，并可按工业或科研用户要求提供功能扩展和定制。

该系统将激光光学系统和驱动电源集成一体化，结构紧凑，性能可靠，不仅可作为光纤激光器和固体激光器的高效泵浦源，而且也是材料微焊接、塑料焊接、微型打标以及太阳能电池缺陷检测及分类的最佳工具。

www.zcnsci.cn

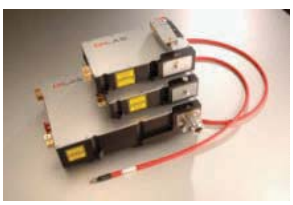
KMLabs公司Wyvern™系列钛宝石再生放大激光器



KMLabs 公司的 Wyvern™ 系列激光器是一个完整的单箱单级再生放大系统，包含了钛宝石振荡器、再生放大器和两个泵浦激光器。该系统可以实现 45~135fs 的快速、方便的脉冲宽度控制，能提供在同类单级和单箱放大系统中无与伦比的技术表现。其中 Wyvern-1000 的激光脉冲能量可达 5mJ，脉宽 <45fs，重复频率达 10kHz，M^2 值 <1.3。

由于具有短脉冲、高能量和良好的光束质量等优点，WyvernTM 系列激光系统非常适用于 OPA、NOPA、倍频和白光产生等非线性光学应用。其他重要应用还包括超快成像、太赫兹光谱和材料加工等。www.kmlabs.com

德国DILAS高功率激光器泵浦源



德国 DILAS 公司的高功率半导体激光器光纤耦合模块，中心波长范围覆盖 630~2200nm，是固体激光器、碟片激光器和光纤激光器的理想泵浦源。

这些高功率半导体激光器具有功率高、寿命长、波长全、式样多等特点。基于德国先进的工艺技术，传导冷却单阵列光纤耦合模块和传导冷却多阵列光纤耦合模块，具有紧凑密闭封装设计和稳定可靠的配置，每个 DILAS 模块都经过 100% 出厂检验，性能稳定，安装便捷。DILAS 还可根据客户要求定制激光解决方案。www.dilas.com

贰陆红外公司推出新一代镜头应力分析仪



贰陆红外公司宣布推出新一代镜头应力分析仪 (LSA)。这种便携式系统采用交叉偏振光镜（cross-polarizer）和低温运行的荧光光源，能够清晰地显示当前的镜头应力，让用户及时了解到哪些镜头需要更换，哪些镜头仍然是好的，只要清理后还能继续使用。这个非常易于操作的分析仪，能够帮助用户避免不必要的、昂贵的镜头更换，同时也能减少因为更换镜头引起的停机时间。www.iiviinfrared.com

新品展示 New Products

GSI JK系列脉冲Nd:YAG激光器再添新丁

GSI 集团激光事业部 JK 系列脉冲 Nd:YAG 激光器再添两款新产品——JK80PS 和 JK150PS，这两款产品特别适用于小型医疗设备、电子设备和汽车部件等。JK80PS 和 JK150PS 能提供更高的峰值功率和改进的光束质量，以提高其适用性和最小化过程控制，实现更快、更精密的焊接和切割应用。

这两款产品的光纤尺寸缩小到了 100 μm，峰值功率高达 5kW，能在更小的特征尺寸内实现更高的峰值功率密度。JK80PS 能够通过 100 μm 的光纤输出 3kW 的峰值功率；JK150PS 能够通过 150 μm 的光纤输出 5kW 的峰值功率。

所有的光纤都采用了 JK Luminator 的即插即用和预准直（PIPA）技术，同时还内置了背向反射保护和光纤连接监视系统（FCMS），确保安全操作。

www.gsig.com

FM Photonics推出国产窄线宽光纤激光器



深圳市飞米激光技术有限公司（FM Photonics）推出拥有完全自主知识产权的“窄线宽光纤激光器”。该光纤激光器具有如下独特性能：光谱线宽小于 3kHz；波长 1.5 μm 或 1.0 μm；输出功率 10~150mW（无需放大）；相对强度噪声 -120dB/Hz；边模抑制比大于 65dB；信噪比大于 65dB。

主要应用包括：石油管道光纤传感；石油 / 天然气勘探；声学传感与水听器；激光雷达、测距、遥感；相干光通信；激光光谱学、大气吸收测量；激光种子源等。

www.FMPhotonics.com

三菱发布投影机用半导体激光器

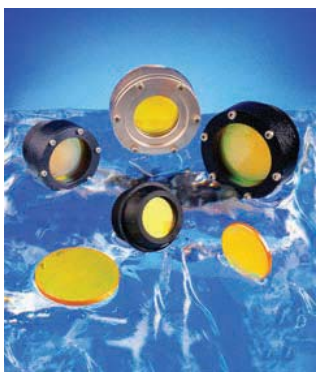
三菱发布全新的投影机用半导体激光器，输出波长 638nm，输出功率 500nW。半导体激光器比 LED 耗电少、功率大，可以让投影机做到无需调焦，使用更方便。

在性能方面，市场上常见使用 LED 的微型投影机亮度一般为 10lm 左右，而使用本款半导体激光器的投影机则可获得 60lm 的高亮度，同时输出功率为 500mW 时的功率转换效率也达到 32%。

该半导体激光器的使用温度在 500mW 连续驱动时为 -5 ～ 40℃，在作为微型投影机基本工作模式的脉冲驱动（600mW）时则为 -5 ～ 50℃。

www.mitsubishielectric-mesh.com

Laser Research Optics推出冷切割CO_2激光器镜头



美国 Laser Research Optics 公司推出具有超低吸收性能的冷切割 CO_2 激光器镜头，与标准镜头相比，这些镜头的运行温度更低，能有效避免热损伤，提供良好的焦距稳定性。

冷切割 CO_2 激光器镜头具有一层专有涂层，其对激光能量的吸收小于 0.15%，这使其运行温度更低，焦距更稳定，以确保稳定一致的切割质量。目前可提供直径 1 至 2 英寸、厚度 0.236 到 0.380 英寸、焦距 1 至 25 英寸的产品。

冷切割镜头比标准的 A/R 涂层镜头的运行温度更低，使用寿命更长，能够直接替代很多标准的 OEM 镜头。镜头的表面质量是 40-20 伤痕 / 亮点（scratch/dig），对 10.6 μm 激光的透射率大于 99.0%。

www.laserresearch.net

罗芬公司推出Select集成型激光焊接系统



罗芬公司的 Select 产品是一款完全符合人体工程学设计的集成型激光焊接系统。该系统包括 4 个高精密轴，可通过一个操纵杆进行手动控制，也可完全在数控中心的控制下操作。该系统为医疗设备元件的焊接应用提供了高度灵活性。

该焊接系统还包括一个具有高效微粒空气（HEPA）过滤器的气流控制排气系统，以及一个闭环冷却系统，以确保焊接系统能够连续运转。该焊接系统以尽可能小的复杂性为用户提供了尽可能多的自动化程度，系统的所有参数都能很容易地通过多功能操纵杆和大屏幕彩色触摸屏调整。

www.rofin.co.uk

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

科艺仪器是国内著名的激光器件、光电产品的专业代理商，为许多欧美著名品牌在中国的代理。为您提供从光学器件、精密移动控制产品，到激光元件、激光系统全系列的光学、激光产品服务。二十多年来科艺仪器以提供高品质的产品、完备的技术服务而倍受用户信赖。我们将继续秉持专业、品质、服务的经营理念，切实为国内厂家和用户提供最优质的服务和产品解决方案，欢迎登录我司的网站www.anpico.com或来电了解相关产品信息。

SYNRAD

Synrad CO2激光器
输出功率10W-400W
是精密切割、打标和钻孔等应用的理想选择



firestar ti系列-高功率CO2激光器
- 功率60,80,100W
- 更快的上升/下降时间(<75us)
- 风冷和水冷
- 射频源和激光腔集于一体

firestar v系列-低功率CO2激光器
- 功率20,30,40W
- 集成射频驱动
- 极高的功率稳定性
- 板载Tickle Pulse发生器



NORTHROP GRUMMAN
Space Technology
Cutting Edge Optronics



半导体泵浦固体激光模块
- 连续和准连续泵浦
- YAG,YLF,YVO4晶体可供选择
- 最大连续输出功率650W
- 超过250种配置可选



高功率半导体激光器件--Golden bullets
- 连续和准连续操作
- 膨胀系数匹配材料
- 硬钎焊（无铟）封装
- 单或多波长选择
- 特别适合于长脉冲和/或高占空比应用

SPI



redPower 高功率光纤激光器
- 输出功率范围25-400W
- 连续模式或可调制到100kHz
- 光束可聚焦到小于10μm
- 高稳定性输出（功率漂移小于±0.5%）
- 主要应用于微加工、打标和雕刻等



redPOWER DIRECT 高功率半导体激光器
- 波长为968nm，带托架的OEM激光器模块
- 输出功率范围60 - 400W
- 高能效，高可靠性，低维护成本，易于操作
- 水冷或风冷
- 主要应用包括塑料焊接和激光焊接等

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

Newport | SYNRAD | laserline | SPI | RHOPTIC | NORTHROP GRUMMAN | intense | Rocker Lasertechnik | Cambridge Technology | HAAS | LINOS | EOT | DAYLIGHT | CEDRAT | YAMAMOTO | International Light | Gigahertz Optik | gentec-e | Bosse Nova Tech | Apico

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

www.laserfocusworld.com.cn

广告索引 Advertisers & Web Index

激光世界 LaserFocusWorld China

Advertiser	广告商名称	网址	页码
Beamtech Optronics Co., Ltd.	北京镭宝光电技术有限公司	www.beamtech-laser.com	IFC
Beijing Guojing Infrared Optical Technology Co., Ltd.	北京国晶辉红外光学科技有限公司	www.guojing-tech.com	3
BWT Beijing Ltd.	凯普林光电	www.bwt-bj.com	2
Castech Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	38
Coherent（Beijing）Commercial Co., Ltd.	相干（北京）商业有限公司	www.coherent.com.cn	4
DILAS Diodelaser China Co., Ltd.	南京德商帝纳斯激光有限公司	www.dilas.com	35
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn	1
PCO AG		www.pco.de/scmos-cameras/pcoedge	26
Newport Corporation (Spectra-Physics, A Newport Corporation Brand)		www.newport.com/qsi-5	BC
Shanghai Keming Instruments Co., Ltd.	上海科铭仪器有限公司	www.anpico.com	43
Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.	深圳市瑞丰恒科技发展有限公司	www.rfhlasertech.com	13
SPI Lasers	英国SPI激光有限公司深圳代表处	www.spilasers.com	17
Suzhou Bellinlaser Co., Ltd.	苏州贝林激光有限公司	www.bellinlaser.com	5
Yixing DOCERAM Engineering Ceramics Co., Ltd.	宜兴杜塞拉姆工程陶瓷有限公司	www.doceram.cn	31
Zhejiang ZCN Scientific Co., Ltd.	浙江雷畴科技有限公司	www.zcnsci.cn	9
Zolix Instruments Co., Ltd.	北京卓立汉光仪器有限公司	www.zolix.com.cn	19



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

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)

ACT International (雅时国际商讯)
Unit 1011, 10/F., New Kowloon Plaza,
38 Tai Kok Tsui Road,
Kowloon, Hong Kong
Tel: 852 2838 6298
Fax: 852 2838 2766

Publishing Director (出版总监)
Adonis Mak (麦协林)
adonism@actintl.com.hk
Publisher & VP (社长及副总裁)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
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, LL-1,
Nashua, NH 03062-5737 USA

Group Publisher
Kathy Bush
kathyb@pennwell.com
Group Editorial Director
Stephen Anderson
stephena@pennwell.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

VP of Sales (销售副总裁)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298
Sales Director - China
(中国区销售总监)
Angela Zheng (郑晓勤)
angelaz@actintl.com.hk
Tel: 86 755 2598 8571

Hong Kong (香港特区)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

Shenzhen (深圳)
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)
Judy Huang (黄作美)
judyh@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

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

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

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

Inside Sales-Business Resource Center/Classified, Focus on Products, Product Showcase
Judy Leger
Judyl@pennwell.com
Tel: 603-891-9113

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-(0)8801-302430

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

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





选购一款激光器并非一项短期投资，而是一项长期投资的开始。Spectra-physics的工业激光器，在其整个运行周期内，能够以最低的成本提供最高的性能和可靠性。

我们的工业激光器具有如下与众不同之处：

- 高于同类产品的系统运作时间，提高您的总体产量
- 更短脉宽和更高峰值功率，意味着更高的成品率
- 出色的稳定性，提高了被加工产品的一致性
- Prolite®二极管寿命是同类产品的两倍
- 简易的现场适用性，意味着更少的库存和更短的MTTR（平均恢复时间）
- 全球直接的服务和支持
- 宽广的功率和波长选择范围

如果您正在选择一款工业激光器，那么请审视我们为您提供的解决方案，它将是最适合您的！相信我们的解决方案不仅能满足您今天的需求，而且也能满足您未来的需求。

如欲了解更多产品信息，敬请登录 **www.newport.com/qsl-5**
或致电 **+86-10-6267-0065**

Spectra-Physics®
A Newport Corporation Brand

©2010 Newport Corporation

Newport® Family of Brands – Corion® • New Focus™ • Oriel® Instruments • Richardson Gratings™ • Spectra-Physics®