光 学 和 光 电 子 产 业 的 主 导 刊 物

激光世界

LaserFocusWorld® China

www.laserfocusworld.com.cn

2014年9月 第5期

ISSN: 1817-6917



飞秒激光直写波导在玻璃中产生量子电路 17

一场科学激光器的工业革命 12

管材、型材加工的全新选择 20

激光微加工应用于大批量制造业 32

ACT PennWell



4020RX

2-Dimensional Laser Processing Systems

可靠 Reliable

精炼 Refined

革新 Revolution

2014上海工博会
11月4日~11月8日
E4-B028

http://cn.MitsubishiElectric.com/fa/zh/

二氧化碳二维激光加工机

可对应 4×2M工件

提高生产效率
新型穿孔、FAB控制以及F-CUT技术大幅缩短加工时间

运行成本降低
新型条件、eco模式以及新型清洁技术大幅降低了能耗

现场应对灵活
简易嵌套、残材分解以及一键式2次切割极大方便了操作者

扫描二维码关注官方微博

扫描二维码关注官方微信

三菱电机自动化(中国)有限公司
MITSUBISHI ELECTRIC AUTOMATION (CHINA) LTD.
地址: 上海市虹桥路1386号三菱电机自动化中心, 200336
电话: (021)2322 3030 传真: (021)2322 3000
400-821-3030

MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

BWT BEIJING
北京凯普林光电

NEW

9xxnm/ 150W高亮度泵浦源

北京凯普林光电最新推出的9xxnm高亮度泵浦源产品提供最高出纤功率150W，光纤芯径105μm。该产品设计采用多单管光纤耦合技术，结合空间合束与偏振合束，实现了高功率与高亮度激光输出。

- 150W出纤功率
- 105μm/0.22N.A.光纤输出
- 1030nm-1200nm波段防反保护



SPIE. COS PHOTONICS ASIA
2014亚洲光电子会议
10月9-11日
北京国家会议中心
http://spie.org/photonics-asia.xml
欢迎莅临：A05

ILOPE-2014
www.ilope-expo.com
欢迎莅临：3号馆3209

北京凯普林光电科技有限公司
地址：北京市丰台科技园区航丰路甲四号
http://www.bwt-bj.com
产品与技术咨询：
电话：010-83681052
邮箱：sales@bwt-bj.com

OPHIR Spiricon Photon

We don't make Lasers
But we sure know how to
Measure them



新型宽光谱激光光斑分析仪

- 波长响应范围：13nm-355nm & 1.06μm-3000μm
- 分辨率：320 x 320
- 探测口径：25.6mm x 25.6mm
- 准分子、OPO、CO2、THz激光的理想选择



水冷 3 万瓦超高功率激光功率计

- 波长响应范围：0.8-2μm & 10.6μm
- 探测口径：74mm

更多激光测试解决方案尽在
OPHIR, SPIRICON & PHOTON

Ophir, Spiricon & Photon
中国独家代理：

北京金先锋光电科技有限公司
Titan Electro-Optics Co., Ltd.

北京总公司：电话:010 62634840
上海分公司：电话:021 62227575
西安分公司：电话:029 88326276
深圳分公司：电话:0755 83205020
成都分公司：电话:028 68080921/22/23/24

http://www.teo.com.cn

目录

光子学前沿

超快激光器 12
一场科学激光器的工业革命

封面故事

光学制造 17
飞秒激光直写波导在玻璃中产生量子电路

应用天地

激光焊接 20
管材、型材加工的全新选择

3D 打印用激光器 26
利用近红外激光器的增材制造形成微尺寸零件

光束调试 29
半导体激光器光斑在线调试的高效方法

激光微加工 32
激光微加工应用于大批量制造业

技术中心

运动控制 35
软件支持多光纤准直方案

中波红外光学材料 38
CVD 金刚石红外光学特性支持 EUV 光刻

编者的话 6
新闻动态 8
前沿简讯 9
产品撷英 43
广告索引 44

激光世界 LaserFocusWorld China

2014 年 9 月 第五期

关于《激光世界》

《激光世界》杂志创刊于 2005 年，是世界著名杂志《Laser FocusWorld》杂志的中文版本，也是在中国市场为激光与光电子行业的工程师、研究人员、科学家以及专业技术人员提供的专业期刊。《激光世界》的内容涵盖全球激光与光电子技术、工业与科研应用、市场信息以及中国本地市场的相关报道。

《激光世界》采用简体中文印刷，双月刊，每期发行量超过 8,600 册，面向激光与光电子行业内合格的读者群。同时，我们的电子杂志和网站将覆盖更广泛的读者群。

请查询本刊专业网站：www.laserfocusworld.com.cn。

www.laserfocusworld.com.cn


LAND BRANDENBURG
be Berlin
柏林–勃兰登堡
致力于高精度的地区
这里是光照亮未来的地方。
一些21世纪最重要的技术包括光子学、光的科学和工业应用。该首都地区已经成为这一领域最繁荣的位置，并为集中研究、开发和生产提供了理想条件。该地区的390家公司和36家研发机构，已经聘用了超过16000名高级专家，并且这一数字还在上升。这里汇集的行业翘楚的集中专业知识和创新，将使光子学与微系统技术受益匪浅。我们期待着您的到来。
www.photonics-bb.com
德国首都地区
卓越的光子学基地

Amonics
Specialist in Optical Amplifiers

相干激光雷达最好的选择!

Amonics 1550nm

保偏脉冲激光器

高脉冲能量 >150μJ

光束质量好

超高脉冲开关比 >100dB

窄线宽线偏输出 <3kHz

可靠

高稳定度



Amonics Limited
www.amonics.com
Beijing Amonics Limited
www.amonics.com.cn
电邮: contact@amonics.com
电话: +86 (10) 84783386

CONTENTS

PHOTONIC FRONTIERS

Ultrafast lasers

An industrial revolution for scientific lasers 12

COVER STORY

Optical Manufacturing 17

Femtosecond-laser direct-written waveguides produce quantum circuits in glass

APPLICATIONS

Lasers Welding 20

The new selection of pipes and profiles processing

Lasers for 3D Printing 26

Additive manufacturing with NIR lasers forms micro-sized parts

Beam Adjusting 29

Efficient method for semiconductor laser online adjusting

Laser micromachining 32

Laser micromachining for high-volume manufacturing

TECHNOLOGIES CENTER

Motion Control 35

Software supports multiple optical fiber alignment options

MID-INFRARED OPTICS 38

CVD diamond IR optics enable EUV lithography

EDITOR'S NOTES 6

NEWS UPDATES 8

LEADING EDGE SNAPSHOTS 9

PRODUCTS HIGHLIGHT 43

Ad Index 44

激光世界 LaserFocusWorld China

September 2014 Issue 5

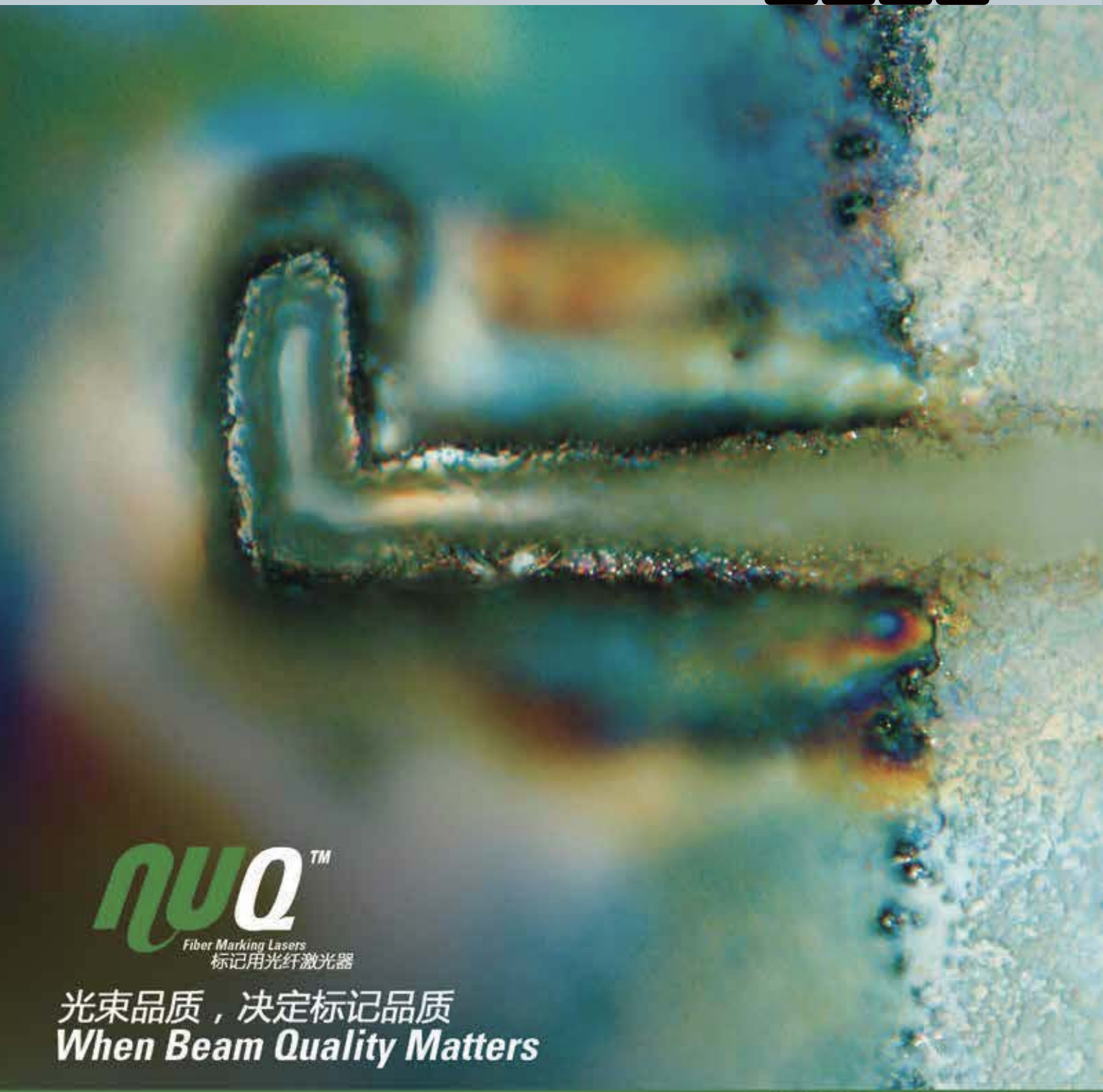
About Laser Focus World China

Published since 2005, Laser Focus World China, the Chinese editionof the world famous Laser Focus World magazine, is the professional magazine for engineers, researchers, scientists, and technical professionalsin China. It provides comprehensive global coverage of optoelectronictechnologies, industrial and R&D applications, and market information. The editorial content licensed exclusively from Laser Focus World magazine is supplement by content generated by our own editors in China.

Laser Focus World China is published every other month in simplified Chinese and distributed to over 8,600 qualified optoelectronics professionals in China. Through our digital magazine and website we provide coverage to an even larger audience base. Please visit our relevant website, www.laserfocusworld.com.cn.

Laser Focus World China, ISSN 1817-6917 is published bi-monthly by ACT International, Unit B, 13/F, Por Yen Building, No. 478 Castle Peak Road, Cheung Sha Wan, 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.

www.laserfocusworld.com.cn



NuQ™
Fiber Marking Lasers
标记用光纤激光器

光束品质，决定标记品质
When Beam Quality Matters

在折射衬底上实现高速调阻切割
实际尺寸 0.48mm x 0.95mm

采用Nufern精密匹配光纤，NuQ系列标记
用光纤激光器提供最佳的光束品质，且保证:

- 最精细的标记
- 最快的薄片切割
- 最清洁的雕刻
- 最大的景深

为生产能力的最大化而生！



NUFERN
866.466.0214 / www.nufern.com

rofin 集团成员企业

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

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

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

PennWell

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

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

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

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

ISSN 1817-6917
© 2014 版权所有 翻印必究

编者的话/Editor's Notes

超快激光领域的最新故事

超快激光是激光技术领域的一项前沿技术，其飞秒量级的脉冲宽度，能在极短的时间内聚集大量能量，目前广泛应用于科学、研究及医疗等领域。当然，还有很多应用潜能有待开发。

回顾过去几十年激光技术的发展，科学超快激光器和工业激光器有着截然不同的设计理念。科学超快激光器通常只关注更短的脉冲、更高的峰值功率等最先进的指标，而对可操作性和可靠性的重视不够；亦或是因为超快激光器在实现高性能指标的情况下，很难兼顾易操作性和可靠性，正所谓鱼与熊掌不可兼得。

然而随着科学超快激光器用户的要求越来越苛刻，他们不仅要求最先进的指标，而且要求易用性和可靠性——鱼与熊掌兼得。面对这样的挑战，相干公司将在苛刻环境下全天候运行的大量工业激光器的统计数据，经过科学的分析，合理地运用于超快激光器的设计生产中，从而使得新一代科学超快激光器兼备最先进的性能指标和极佳的工业可靠性，相干公司的 Vitara 超快振荡器和 Astrella 超快放大器便是这方面的典范。这种巨大的变化，正在引领一场科学激光器的工业革命。本期的光子学前沿栏目，将为您带来更多详细信息。

本期的封面故事为读者介绍了飞秒激光直写技术在光学制造领域的应用。集成光学元件已经是量子光子学领域的一项至关重要的发展。通过将短脉宽激光聚焦至玻璃中产生的非线性吸收，能够在玻璃中写入集成光子学元件；这种技术正用于制造量子集成光子学设备。目前，瑞士 Femtoprint、苏格兰 Optoscribe 以及德国 Nanoscribe 等公司正致力于该技术的商业化。飞秒激光直写技术将为光学制造及通信领域注入新鲜活力。

在本期的应用天地栏目中，读者将了解到一种适用于各种管材、型材加工的全新系统——通过公司的 TruLaserCell 1100 系统集成了通快独特的光源和灵敏的光束引导系统，能够实现各种管材、型材和锯带等的精密焊接。此外，读者还将了解到 IPG Photonics 的新一代光纤激光器在加工速度方面实现了质的飞跃，可应用于高速、高质量的钻孔、高速切割及划线，并对其在大批量制造中的应用进行了探讨；3D 打印的火热炒作让人们更多地关注增材制造技术，本栏目中还介绍了 3D 激光光刻在制备高分辨率 3D 聚合物时所发挥的巨大潜能。❑

庞会荣

www.osram-os.com/CN



Light is productive

专为工业应用定制的高功率激光棒

产品查询：prasia@osram-os.com

OSRAM
Opto Semiconductors

Light is OSRAM

新闻动态/News Updates

凯普林光电在美国波士顿成立第一家海外办事处

2014 年 7 月，北京凯普林光电正式在美国波士顿开设第一家海外办事处！办事处将由本地人负责，以实现业务本土化，向客户提供最直接和快捷的服务。这是中国民族半导体激光行业在市场拓展上的一个标志性的举措！

北京凯普林光电陈晓华董事长表示：“凯普林专注半导体激光器的进步与发展，专注自身的品牌建设，只有走国际化的道路，才能让我们未来拥有更广阔的国际市场，才能让我们在半导体激光领域与更多的国际品牌共舞。我们在海外成立办事处，并邀请更多拥有行业专业背景的国际化人才加盟凯普林，不仅是让更多的客户享受到来自我们中国有竞争力的、性价比更优的半导体激光产品，更是让凯普林更近距离地接触到国际客户本地需求，这对我们进一步提升自身对半导体激光最尖端应用的认识，提升自身的研发与制造水平都将产生长远影响和深刻意义。”

哈尔滨企业推出自由尺寸金属激光3D打印机

哈尔滨恒普激光应用技术有限公司推出了自由尺寸金属激光 3D 打印机，可以直接在空气里把复杂金属部件打印出来，一旦该技术产业化，将有望引发金属部件 3D 打印技术在全球范围内的变革。

哈尔滨恒普激光应用技术有限公司推出的自由尺寸激光直接制造技术，通过采用自主研发的高活性金属连续运动熔体随动保护技术，可在大气条件下完成对金属构件的激光 3D 打印，大大降低打印设备投资成本，并可自由制造超大尺寸复杂构件。

2015年慕尼黑上海光博会预告

2015 年第十届慕尼黑上海光博会将于 2015 年 3 月 17-19 日在上海新国际博览中心举办。2015 年第十届慕尼黑上海光博会将承前启后，继续紧跟世界激光技术潮流，突出行业热点，汇聚来自世界各地科研及工业领域的专家学者，是您提升市场竞争力及寻找创新解决方案的绝佳平台。

2015 年展会亮点：700 家国内外展商，36,900 平方米展示面积；四大展区分区展示，规划集中明确——激光器与光电子、激光生产与加工技术、光学与光学制造、成像，检测和质量控制；光学技术大会（PHOTONICS CONGRESS CHINA）再度登场；着眼解决方案，超前激光加工理念；面向用户提供质量控制和测试测量解决方案。

IPG发布Q2业绩报告显示高功率光纤激光器贡献大

IPG 公司发布的 Q2 业绩财报显示，公司 Q2 实现 1.92 亿美元营收，其中高功率光纤激光器及材料加工应用贡献明显。

IPG 公司 CEO Valentin Gapontsev 博士表示：“激光切割及焊接、3D 打印、玻璃切割和激光清洗应用带动激光材料加工应用保持 18% 的年增长率。而高功率光纤激光器保持 22% 的增长率。从地域上来讲，欧洲和亚洲对业绩增长贡献突出。”

北京发布3D打印科技创新与产业培育意见

近日，由北京市科委、市发展改革委等部门研究提出的《促进北京市增材制造（3D 打印）科技创新与产业培育的工作意见》（以下简称《意见》）正式向社会印发。

《意见》指出，北京市 3D 打印产业要重点突破一批原创性技术，研发一批专用材料，研制一批高端装备，推进北京市 3D 打印技术全面跻身国际先进水平，推动北京市成为引领全球的 3D 打印技术高地和人才聚集地，努力建成世界知名的 3D 打印产业基地，增强高端制造业的核心竞争力，培育未来经济增长点。

目前，北京市企业将 3D 激光打印技术用于全膝置换用人工关节的设计和制造中，填补了激光 3D 打印技术在人工关节产业化领域的空白，将实现个性化、定制化全膝关节假体的加工制造。

Newport 2014年第二财季净利润同比强劲飙升245%

Newport 发布 2014 年第二财季业绩报告。报告显示，Newport 2014 年第二财季净利润为 899.7 万美元，去年同期的 260.5 万美元强悍飙升了 245%。

Newport 第二财季销售额达到 1.53 亿美元，同比增长 4.3%，订单增加 1.2%。Newport 表示，公司在微电子和防务与安全领域的销售尤为强劲，而在生命与健康科学、科研与工业生产方面的销售则较低。订单的增长得益于科研及工业生产的终端市场，从而抵消了生命与健康科学事业订单的减少。Newport 预计第三财季的销售额将在 1.48~1.53 亿美元之间，同比增长 7%~10%左右。

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

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

20 个芯片组成的蓝光激光投影模块获得 50W 输出

John Wallace

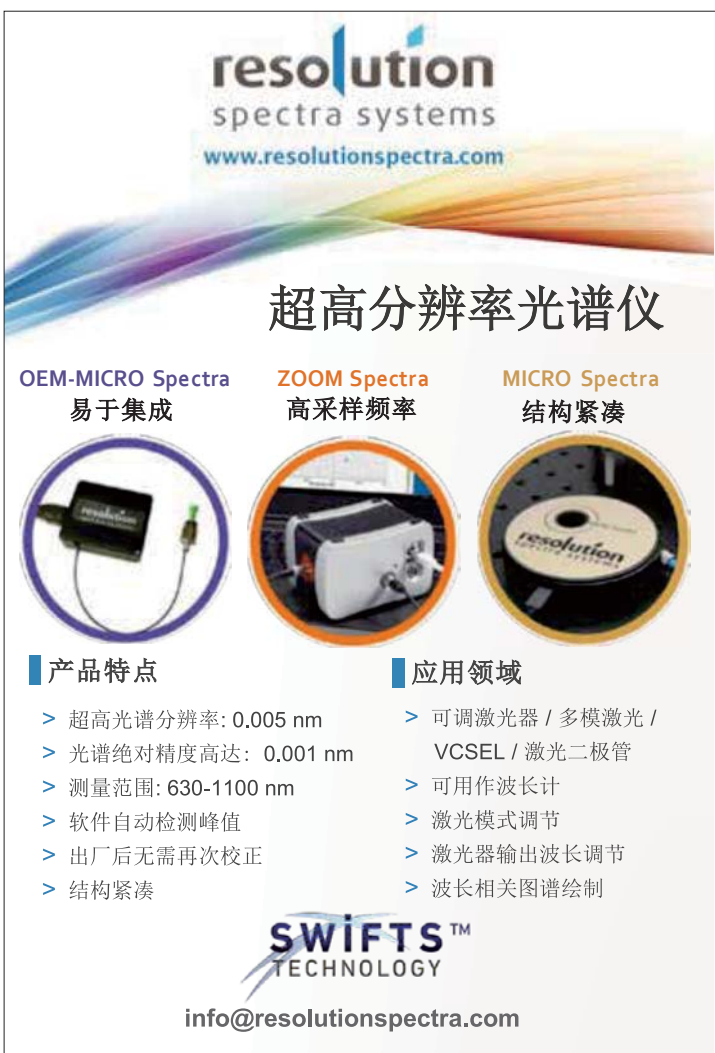
为了增加投影用蓝光发射激光光源的功率，同时减少其复杂性，欧司朗光电半导体已经发布了一种含有 20 个蓝光激光芯片的小型激光器模块，其在 50 ℃的封装温度下，总共获得了 50 W 的光学输出。该蝶形封装的模块总尺寸为 25.5 mm × 35 mm，发射面尺寸为 16 mm × 16.5 mm（通过单个透镜阵列就可以对该欧司朗模块中所有激光芯片的光进行准直）。

该多芯片模块在 440~460 nm 波段获得了 30% 的电光转换效率。

用于投影时，蓝光激光二极管可以与将部分蓝（B）光转换为红光和绿光（R、G）两种基色的荧光轮组合使用。该新型激光器模块具有大于 2000 流明的输出；在单个投影仪中组合使用多个模块，可以成倍地增加输出，以用于大型会议室。



PLPM4 450 模块的量产将于 2014 年年底开始；样品于今年夏天上市。欧司朗的另一个部门——特种照明事业部，正在开发基于荧光轮的 RGB 激光投影仪模块，欧司朗称之为 Phaser（phosphor/laser，荧光体 / 激光）。基于蓝光多芯片封装的 Phaser 光模块也将相当紧凑，也可以组合使用，使得将其集成到现有的投影仪结构中成为一项简单的任务。欲了解更多信息，请参见网站 www.osram-os.com。❑



Printoptical 技术实现光学元件阵列的经济型 3D 打印

Gail Overton

荷兰 LUXeXcel 公司的 Printoptical 技术采用改进的宽幅工业喷墨打印机，通过 3D 打印从 CAD 文件经济且数字化地制备光学结构（透明棱镜、透镜，以及全彩色图形和纹理），不需要昂贵的成型和制模设备。压电式可控打印头喷射一种可紫外（UV）固化的光聚合物树脂，然后通过紫外灯在精确的时点将其固化，以产生平滑的光学表面，而无需后处理。

Printoptical 兼容的聚合物包括聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）和定制的丙烯酸酯制剂；可以制备尺寸高达 60cm × 100cm 的光学组件阵列。例如，采用“CAD 到光学元件”的 Printoptical 技术，可在 500μm 厚的柔性聚合物衬底上制备 6 × 6 的凸透镜阵列，用于 LED 照明工程。根据所使用的聚合物，该技术也可以用于制造具有底边长 20 mm、高度为 1~2 mm（30° 和 60° 顶角）、边缘半径小于 200 μm 的棱镜结构。LUXeXcel 公司正争取于 2014 年第四季度推出新型打印机，其将具有更快的速度、改进的光学平滑度，以及增加的组件构建高度。更多信息请联系 Peter Paul Cornellisen，email：pp.cornelissen@luxexcel.com。❑



碟片激光器主振功率放大器（MOPA）具备先进的冷却方案

John Wallace

美国陆军研究实验室（ARL）的研究人员大幅度增强了碟片激光器功率放大器设计的冷却性能，从而提升了功率。[1] 该放大器使得功率提升高达 2.5 倍，同时保持非常高的光束质量。2010 年他们曾经获得了 12 W 的光学输出；而新的研究结果实现了高达 55 W 的光学输出。

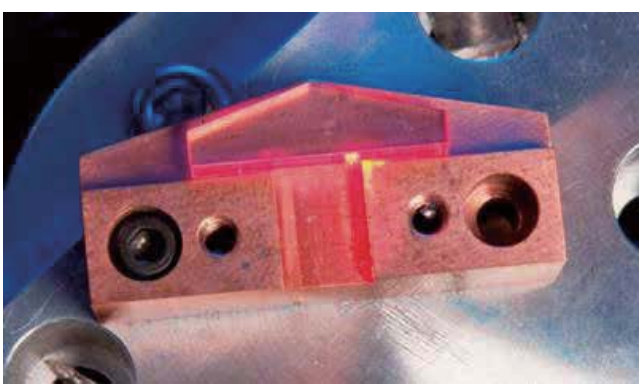
在主振荡器功率放大器（MOPA）中，主振荡器（种子激光）的功率可以提升至何种程度，本质上受限于其所产生的热量，以及激光器系统的冷却能力。

限制放大器中生热的一种方式是以小于 100% 的占空比工作在准连续波（QCW）模式下。通过脉冲化功率放大器的泵浦功率，泵浦和激光增益元件的整体热负荷减少，同时仍然具备与 CW 运行时相同的瞬时功率，且不会降低输出光束质量。

这些种类的光源用于加工、医药、非线性光学以及军事应用，包括测距仪和指示器等一系列应用，但是它们的功率水平仍然受限于冷却要求。

薄片形状

“任何激光器系统都有其功率限制，进一步提升功率需要面对增益元件热管理的额外复杂性，”ARL 研究人员 George Newburgh 说，“相比于棒状或板条激光器，由于具有更大的表面积与增益体积比，传统设计的碟片激光器（TDL）提供先进的热管理，但是它们的热管理仍然受限于单面冷却。”



ARL 的研究人员通过使用光学透明的热沉，从而能够对增益介质的两侧进行冷却，以解决冷却问题，将可能的功率放大范围提升了2.5倍左右。

该设计采用了透明的单晶碳化硅（SiC）组件作为激射 / 泵浦侧的热沉，以及附在增益元件非激射侧的通常铜热沉。这个组件的导热特性可以与铜媲美，能提供优异的热传输，且不与激光器的运行产生光干扰。

最小化机械应力

通过选择钒酸钇（YVO_4）作为激光基质，该紧凑型放大器还在设计上使 SiC 热沉和增益介质之间的机械应力最小化。SiC 和 Nd：YVO_4 的热膨胀系数几乎相同，使得放大器能在高温下工作，且 SiC 和 Nd：YVO_4 层不会发生剥离。

伴随着高质量激光陶瓷（包括复合材料）的最新发展，以及可作为替代材料的高光学质量透明材料（如氮化镓和氧化镁）的最近进展，ARL 的研究人员希望这一工作将鼓励更多使用具有高热导率的透明材料的研究与开发。

在短期内，笔者认为该设计几乎可以立即应用于混合光纤 / 块体固态 MOPA 系统中的纳秒级脉冲放大的功率放大器，以满足高脉冲能量的要求，其中光纤放大器严重受限于受激布里渊散射。❑

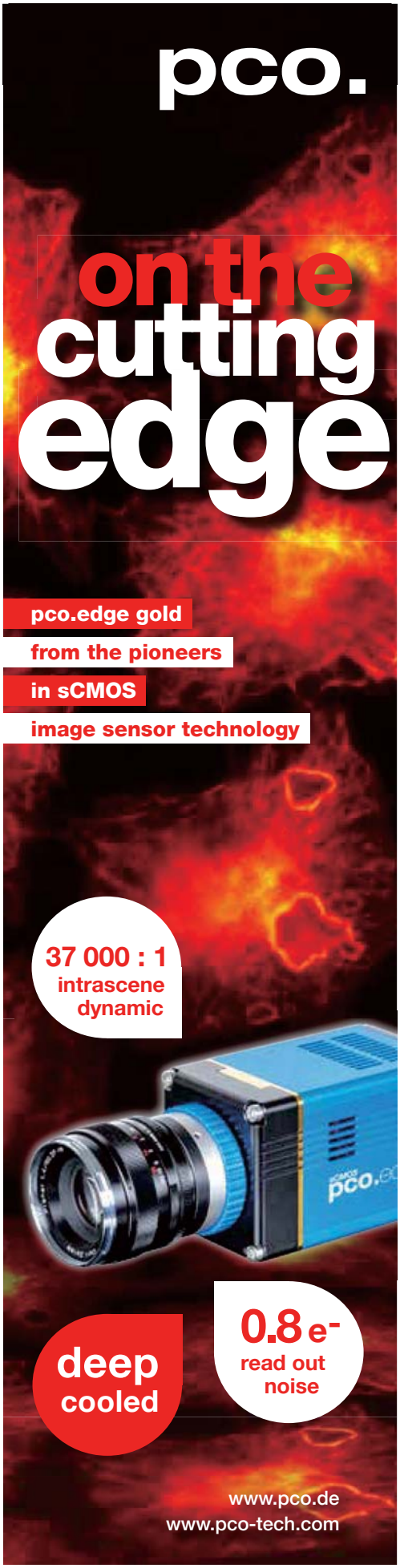
参考文献

1. G. A. Newburgh and M. Dubinskii, Electronics Letters (2014); doi: 10.1049/el.2014.1900

长春光机所开发出百瓦级微型高功率半导体激光模块

中科院长春光机所大功率激光研究组开发出了利用 4 个高功率垂直腔面发射半导体激光器（VCSEL）单管串接形成的百瓦级 980 nm 波段高功率准列阵模块。该模块采用全自主化设计的芯片结构及模块结构，其尺寸仅 2.2 mm x 2.2 mm，输出功率高达 210 W，这是单管 VCSEL 模块迄今为止所报道的最高功率指标。该突破使得微小型高功率 VCSEL 模块有望在激光引信、激光测距及激光面阵雷达系统中实现实用化。

针对高灵敏度激光引信、激光测距等军事应用需求，VCSEL 模块驱动源采用高重复频率、超窄脉冲电流源，激光器工作时重复频率高达 10 kHz，脉宽仅有 30 ns。微型化高功率 VCSEL 模块采用具有自主知识产权的串接结构，突破了单管及列阵 VCSEL 器件高功率工作所需的超高工作电流问题；通过合理布线，减小了整体模块的电容电感，保证器件能够快速响应。VCSEL 具有圆形对称输出光斑、不存在 COD 等独特优势，在高功率脉冲激光应用领域具有广阔应用前景。❑



科学激光器

一场科学激光器的工业革命

借助于工业激光器领域的成果，相干公司今天的超快激光器终于可以提供用户前所未有的便捷性和可靠性，从而大大改善“数据成本”和提高“数据产能”。

Allan Ashmead，Steve Butcher，Marco Arrigoni；相干公司

回顾过去几十年激光科技的发展，科学超快激光器和工业激光器领域有着截然不同的设计理念。科学超快激光器公司几乎只注重达到最先进的指标（如更高的峰值功率或更短的脉冲），这使得许多具有创新，然而未经过充分验证的设计被广泛的应用于产品中。与此相反，由于工业激光器用户十分重视节约成本，因此激光器的可操作性和可靠性变得至关重要；产能、零件成本、正常 / 停机时间比，以及购置成本都成为关键指标。其实，对于科学激光器用户来说，关注性能参数的同时，数据成本也非常重要。因此，工业激光器领域的一些关键概念现今也正渗入科学激光器的设计生产中，以期在提供用户最先进性能指标的同时，也保证工业级的可靠性。

鱼与熊掌不可兼得——要简单可靠还是要性能指标？

在超快激光器领域，所有的创新应用都沿着一个方向流动：即从科学产品转化为工业产品。不再像 15 - 20 年前那样，现在的科学激光器使用者中，很少有人为试验需要而费力设计并建造自己的激光器。因此，市面上销售的科学激光器必须在日益增长的指标要求和设计可靠性上做出艰难的选择。长期以来，科研人员也不得不勉强接受这一事实。为应对这一矛盾，科学激光业只有通过更好的客户服务来解决问题，比如提供长期维护合同、快速现场维修、在当地或客户地备存元器件，甚至整机更换服务。然而，仅凭激光器厂商提供的限定维修费用的维护和他们能做到的最快速维修，从成本和时间上，还远远不能满足科研人员的需求。近年来，随着日益增加的科研成本及项目复杂度，研究人员正在摒弃允许快速维修的激光设计，转而倾向于拥有一款永无故障的激光器！



图 1. “超快激光器工业革命”范例：相干公司全新 Fidelity 超快光纤激光器振荡器，完全密封式设计、免维护操作。

面对这一挑战，科学激光器制造商汲取了工业激光器领域的知识和经验，将之应用于开发新一代的科学激光器的过程中。源于这种知识的双向流动，一场“科学激光器的工业革命”已经来临。新一代科学激光器将兼备最先进的性能指标和极佳的工业可靠性。相干公司的 Vitara 超快振荡器和 Astrella 超快放大器便是当前的最佳范例。

就振荡器而言，飞秒试验中要求更好的时间分辨率，拉动了对更短脉冲的需求，因此最主要的权衡莫过于在最短脉冲宽度和简单操作性之间的取舍。正如一条不成文的说法所述：“脉冲越短，激光器需要的手动操作越多。”如今，这一说法正在被颠覆，如相干公司最近推出的免维护 Vitara 振荡器采用了全密封设计，输出脉冲小于 8 fs。而在放大器方面，过去通常要在峰值功率和可操作性上有所取舍。实现更短脉冲或更高的脉冲能量，往往需要操作人员的频繁调校激光器。在最新的放大器产品中，突出的例子莫过于相干公司的 Astrella，该放大器综合了密封设计的振荡器和完全封闭式的脉冲延展器 / 压缩器，输出脉冲宽度小于 35 fs，脉冲能量大于 6 mJ。（注：脉冲延伸器 / 压缩器是超快放大器系统中最敏感的部份，气流、轻微的温度变化和光路校准均可严重影响放大器的性能。）

对于研究人员而言，这一免维护，高可靠性的革新，意味着更高的数据产能和极低的停机时间。这将大

The Very Fiber of Innovation
最创新的光纤

针对光纤激光器优化设计的光纤

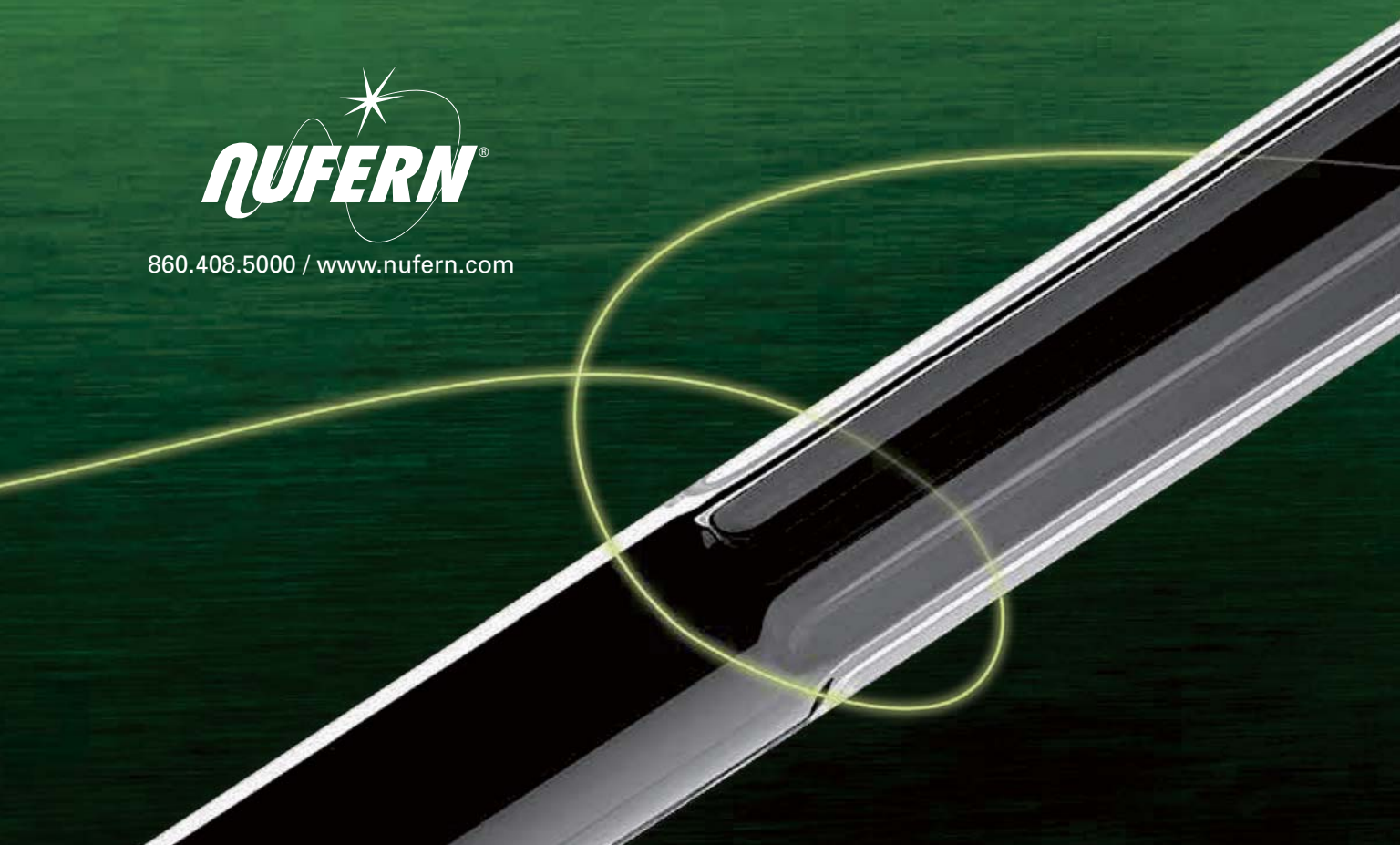
Nufern 公司致力于开发高性能的光纤解决方案

- 精密匹配型光纤适用于波长为1um、1.5um 和 2um 波段光纤激光器的工业化生产
- 适用于光波长范围是 405 - 2150 nm 的 400 余种标准光纤和特种定制光纤
- 适用于光波长范围是 350 - 2200 nm 的通信光纤、保偏光纤和无源光纤
- 专用的高性能光纤涂覆层材料

想要了解更多，请访问我们的网址 **www.nufern.com**。

NUFERN®

860.408.5000 / www.nufern.com



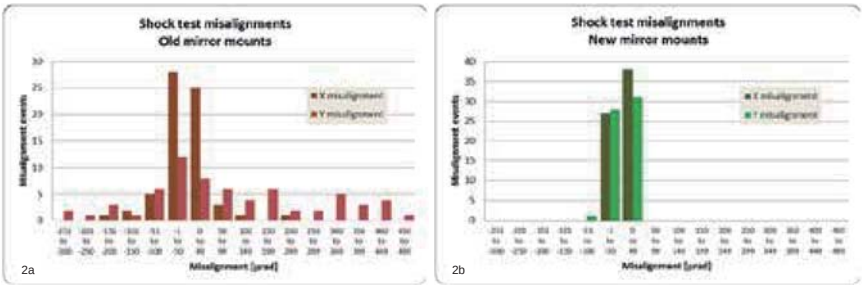


图 2. 相干公司飞秒激光器所使用的光学镜架HALT测试对比结果：原设计（图2a）与最终设计（图2b）。最终设计更抗外界振动和温度变化。

大减少花在“调整”激光器上的时间，从而显著节约了隐藏的操作成本。其结果是更高的数据产能和更低的数据成本。在共享用户的实验室中，工业级可靠性尤为重要。这种可靠性能够确保不论何种实验，或实验者激光技术水平如何，在每一个分配的时间窗口，研究人员均能获取最大限度的数据量。

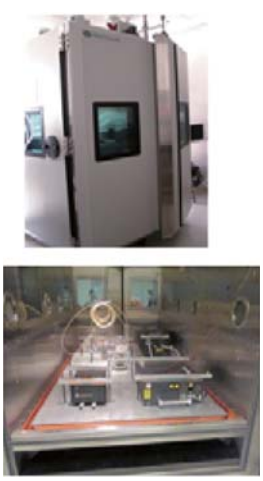
量产统计数据——设计卓越激光器的关键

改善可靠性和实现免维护操作的关键，在于要彻底地了解所有可能使激光器偏离最佳性能状态的因素、突发性能故障的根由，以及部件过快老化的原因等。所有这些都需要在研发和原型机阶段，对组件和整体激光器进行大量分析和检测，同时还需要完整的客户应用性能分析，因为任何模拟都无法取代实际应用的结果。

高端科学激光器制造商所面临的一大挑战在于低产量。工业设备制造商可能使用成百上千台的某个特定型号的工业激光器，但是一般的研究机构 / 实验室若干年才会订购一次科学激光系统，且每次仅订购一种。由于应用中的型号、数量都较少，因而对于科学激光器来说，很难得到具有统计意义的故障和性能数据。

问题本身看似无解，但答案其实就在于分析来自于千万台已安装运行的工业激光器的历史数据。 这虽不能解决某个特定科学激光器的特定问题，但是，其所提供的信息，已成为实现科学激光器客户要求的基石。例如，我们已有几千台皮秒、纳秒、连续波紫外激光器被用于电子工业领域，这为我们的工程师提供了大量数据，让他们知道如何把光学镀膜做得更好，如何消除腔内污染，从而杜绝可能的元器件坏损。

更幸运的是，已有几项应用使得超快激光实现了部分量产，从而允许我们对超快激光器特定的、在非恒定环境条件下长期使用中、可能影响激光性能的光学机械失调、材料性能退化等问题，进行较全面的分析。这些量产应用包括飞秒激光用于多光子激射谱显微技术和半导体芯片检测技术。



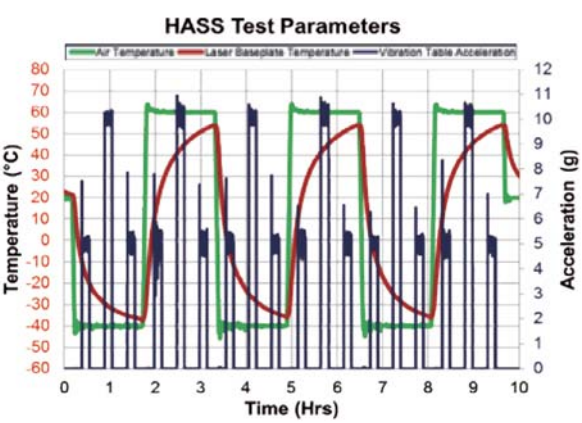


图 3. HASS 测试实例（Coherent Vitara 振荡器）。

通过HALT（高加速寿命试测试）完全明了设计余量

HALT 的基本思想是测试产品故障点，以确定设计指标和使用参数之间的差异，以确保尽量高的可行性余量。HALT 的其他主要目标在于确定并了解“故障之物理学”(PoF)，为设计改善指明方向，并且验证这些改善能够达到的效果。这一测试的另一重点在于通过加速数年或数月才会发生的实际故障，使之在若干小时内出现，同时避免因严重超限和不切实际的因素导致的“人为”故障。HALT 的结果可以帮助制定出一套有效的产品筛选方法(即 HASS - 高加速应力筛选)，从而消除产品制造缺陷，同时不影响运往客户的设备的使用寿命。

作为一个很好的例子，我们成功利用 HALT 测试优化设计了我们超快振荡器使用的一种光学镜架。结果如图 2 所示。我们可以看到光学镜架失调程度的变化。对于原始设计（图 2a）而言，经过 HALT 之后多数镜架仅在 x 轴和 y 轴中出现了轻微移动，但是明显可以看到，还是有相当数量的镜架发生了较大的失调。这些试验结果引发了我们对于镜架的重新设计。在每一个设计周期后都重复进行同样的测试，以量化设计的稳定性（如

FOCUSLIGHT®
Never stop exploring

www.focuslight.com.cn



单管系列



单Bar系列



水冷垂直叠阵系列

高功率
半导体激光器
专业提供商



传导冷却
垂直叠阵系列



光纤耦合
模块系列

西安炬光科技有限公司

西安炬光科技有限公司是专业从事高功率半导体激光器及系统研发、生产、销售与应用的高新技术企业。公司拥有国际一流的人才团队、完善的封装结构设计－封装工艺－测试表征－光学整形和耦合－系统集成生产

Your Trusted Partner



材料加工



科研



医疗美容



红外照明

地　　址：中国·陕西西安高新区新型工业园信息大道17号
销售专线：+86 29 8888 1149
传　　真：+86 29 8888 7075
邮　　箱：sales@focuslight.com.cn

访问炬光科技官方网站
点击在线咨询

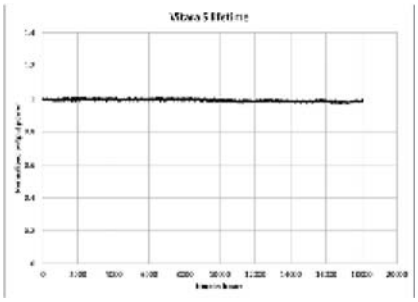


图 4. 寿命测试数据：相干公司Vitara-S，18,000 小时免维护操作。

图 2b 所示）：现在，在同样的测试条件下，所有新的镜架全部仅出现轻微的失调。

相比于测试零部件，作为一种研发手段 HALT 测试整装激光器，在指导设计过程上可能有着更重要更内在的意义。对于一个全新激光器设计，比如超快振荡器，HALT 涉及将振荡器放到设定的温度循环周期和随机振动应力环境中，首先两种测试分别进行，然后混合同步测试。一旦发生故障，立即进行故障物理分析，查明问题的根由，然后反馈设计团队。故障通常涉及设计理解，方案选择，材料 / 组件选择或生产过程的设计问题。

高加速应力筛选 (HASS) ——在生产过程中测试制造每台激光器

设计一经试生产而锁定，标准生产过程随即展开，为此我们设计了一个高加速应力筛选过程，并使之成为常规制造流程的一部分（见图 3）。HASS 帮助测量和控制故障原因，以减少可靠性方面的问题。筛选过程的设计旨在找到激光器中可能因人为因素或供应链变化造成的“薄弱”器件，从而完成闭路式质量控制流程，并在故障发生后快速反馈给供应链。例如，在 Vitara 高加速应力筛选过程中，超快振荡器主体承受数小时的强热力学循环和振动应力测试。在每一台 Vitara 完成装配、调试并满足所有性能参数之后，其超快振荡器将经受一套设计的温度和振动循环；然后对每一个光学镜架进行校准的冲击测试（10 g 以上冲击力），继而测量振荡器的输出功率。完成以上步骤之后，超快振荡器将再次经历变温循环（这次在 -10 ~ +60℃之间），最后的超快振荡器必须在不进行任何再调整的情况下，完全满足所有设计指标。

全新的可靠性水平

在相干公司内部和客户现场对新一代超快激光器寿命的测试中，这场“工业革命”的成果得到了充分的见证。仅举一例，图 4 是一台 Vitara-S 振荡器常规（非加速测试）寿命测试的结果，该振荡器已运行了超过 18,000 小时，运行期间从未打开激光器封装对内部部件进行清洁或调整。值得注意的是，整个测试中，该激光器在恒定泵浦功率模式下运作（即未使用光反馈功率控制）。这一运作模式能够充分暴露激光器的光学机械稳定性问题。与此相反，若在光反馈功率控制模式下，泵浦功率会随时间推移而增加，以弥补腔内污染或光路失调造成的输出功率下降。这往往会掩盖激光器在光学机械稳定性上的缺陷。

诚然，对从事超快激光研究的人员而言，仅仅有稳定的输出功率是远远不够的。大多数实验中，他们还需要稳定的光束指向和稳定的光谱带宽。对于后者如图 5 所示，Vitara UBB（超宽谱）展现了它在 9,000 小时的运作过程中卓越的光谱稳定性：中心波长 800 nm，谱宽 ~ 160 nm (FWHM)。图 5 充分表明 Vitara UBB 在 9,000 小时的运作过程中，无论带宽或是谱形均无变化。仍需指出，为完全揭示任何可能由于光反馈功率控制模式而被掩盖的光谱变化，此次长时间寿命测试同样在恒定泵浦功率模式下进行，期间也未对激光器进行任何手动调校。

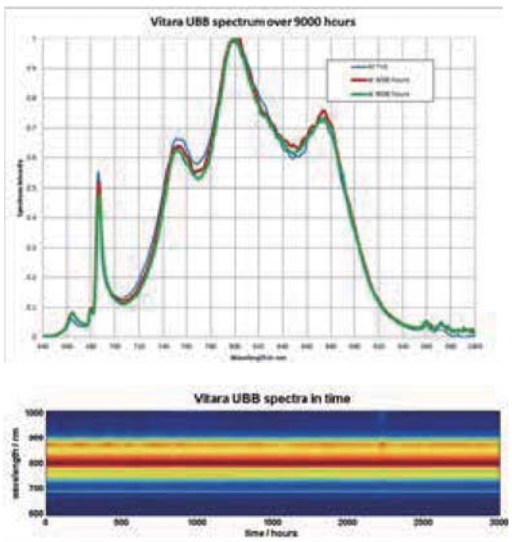


图 5. Vitara-UBB 9,000 小时连续运行谱特征：输出光谱基本无任何改变。激光器在恒定泵浦功率模式工作，期间完全未经任何手动调校。底部的光谱取自测试的前 3000 小时。

结语

激光工业发展历史中，过去基本完全遵循着一个模式，即最前沿的科学实验和应用产生新的激光技术，然后这些新的知识单向流动，被用于制造适合于工业应用的激光器。今天，得益于 HALT/HASS 的测试结果，以及来自于苛刻条件下全天候运行的大量工业激光器的数据，新一代科学激光器必集尖端的性能指标、优越的工业可靠性和超强的产能于一身。巨变来临，一场科学激光器的工业革命正在进行。❑

光学制造

飞秒激光直写波导在玻璃中产生量子电路

通过将短脉宽激光聚焦至玻璃中产生的非线性吸收，能够在玻璃中写入集成光子学元件；这种技术正用于制造量子集成光子学（QIP）设备。

Thomas Meany，澳大利亚麦考瑞大学

量子信息科学（QIS）正吸引着大量投资和广泛关注。最近，英国已经投资 2.7 亿英镑专门用于量子技术的发展。人们之所以对量子技术表现出色极大的兴趣并给与大量投资，原因包括其颠覆性的能力预期以及该技术在上个世纪取得的快速进展。在理解和运用量子力学方面的初步进展，已经促进了半导体技术的发展并带来了各种实际利益。尽管如此，本世纪还将出现那些本质上是基于粒子的量子力学行为的技术创新。

例如，在单光子的偏振中编码量子比特（即量子位元）的可能性是存在的。这是自然的，因为光子学研究



人员经常使用波片来操纵电场的垂直（V，对应于比特值1）和水平（H，对应于比特值0）偏振态。研究人员也熟悉这些偏振态的大多数任意叠加：椭圆偏振光被描述为水平和垂直偏振态的线性组合，相位介于0和2π之间。

本文将讨论使用光子作为信息载体的前景，特别是在采用飞秒激光直写技术制造的光波电路中使用光子。飞秒激光直写技术的优势不仅在于其是所谓的量子信息科学的“圣杯”，而且也是通信的自然选择。

将光子约束在芯片上的波导内，为嵌套干涉元件提供了稳定的环境；光子不会出现量子退相干，或与周围环境非故意交互。事实上，由于光子极长的相干时间，甚至发现来自空间的光子也展现出偏振取向，因此光子将有可能在任何量子技术中发挥一定的作用。

在玻璃中写入波导

集成光学元件已经是量子光子学领域的一项至关重要的发展。它具有稳定嵌套干涉仪的前景，这对管理量子比特操控和最终的量子比特交互（嵌套干涉仪在它其一个臂中包含第二个完整的干涉仪）而言，是必不可少的。对于将实验带出实验室、产生实用的技术而言，集成光学提供的小尺寸当然也是至关重要的。这些芯片上的光路主要通过全内反射过程来运行（采用光子晶体中带隙约束的替代方法也经常使用，但在此将不作讨论）。

目前业界正在使用一系列集成器件，反映着先进光学互连和电信组件领域正在发生的事情。片上平台的多元化正在加速量子信息科学的进展；脊型、掩埋型和光子晶体波导结构已经在半导体，如硅、砷化镓、碳化硅甚至金刚石中展示。此外，晶态材料已经用于制造波导电路；铌酸锂所提供的二阶光学非线性，实现了高速开关和光子产生能力。

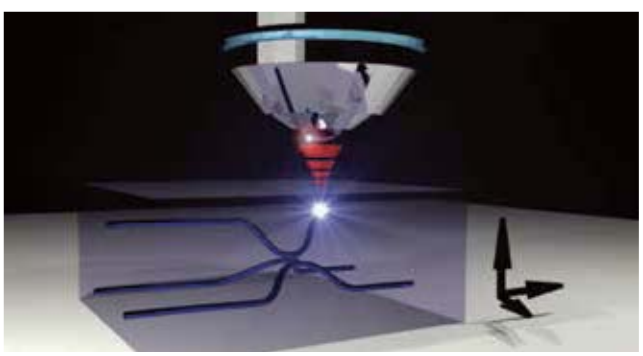


图1：概念图显示了激光雕刻过程；非线性吸收发生在激光焦点处，导致白光发射和高度局部化的能量沉积。这样，激光可以在体玻璃材料中有效地画出波导。

然而，玻璃也为量子信息科学实验提供了相当方便的平台，因为玻璃提供了低损耗传输和有效耦合到光纤的前景。不能低估该属性的价值，因为不论集成光学平台提供的光学功能多么复杂，除非光子能够被有效地提取，否则它就是无用的。

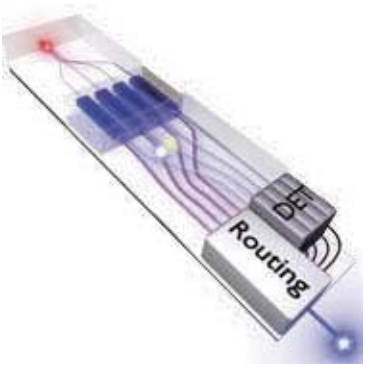


图2：光子源的概念图展示了通过激光刻划波导形成的电路探测网络。[9]

被称为“不可克隆”的基本定理排除了量子信息的放大；其结果是，量子信息系统中的每个光子都是宝贵的。事实上，集成量子光子学的首次展示精确地利用了玻璃波导的有效属性。[1]

尽管利用光刻技术制备玻璃波导是有效的，但这也意味着对目前和新兴的原型器件设计，必须为每种新结构制作新的掩模。这是一种缓慢而昂贵的成型方法。

一种替代技术是在玻璃中开发波导，被称为飞秒激光直写（FLDW）技术。该技术利用透明材料在高激光强度下发生的非线性吸收过程。其结果是，当激光被聚焦到透明材料的表面之下时，导致这种非线性效应，吸收被高度限制在激光的焦点处。

该吸收过程相当复杂，得到的材料特性依赖于激光强度。在高强度下，可能发生损伤甚至形成空洞；而在中等强度下，可以观察到周期性的亚波长结构；在低强度下，可以观察到材料折射率的改变。通过相对于激光焦点平滑地移动基片，就可以形成波导（见图1）。该过程可以在三维方向实施，意味着该技术可以容易地在多个深度产生低损耗的波导器件。[2,3]

相比于光刻波导加工所需的洁净室设施，激光写入技术既便宜又灵活。自1996年该技术首次展示后，其已经引起全球范围内如雨后春笋般涌现出各个不同的研究小组。[4]

这项技术已经成为商业上可行的技术。例如，一家名为Femtoprint的瑞士公司已经利用飞秒激光直写技术开发了一套玻璃加工系统。[5]另一家苏格兰公司Optoscribe，专长在于利用飞秒激光直写技术生产定制的多模扇出器件。此外，德国Nanoscribe公司开发的激光加工技术可用于在许多材料中制备多种结构，尺寸在厘米量级，特征分辨率为纳米量级。

激光写入量子光子学

部分归因于其简洁性，电路激光刻划已经用于完成许多关键任务。采用激光刻划电路，已经分别实现了光子产生、操控和探测。利用熔融石英的小三阶非线性加上材料的高提取效率，可以实现有效的光子产生。[6]

采用可以被旋转并被注入到偏振相关功率分束器的双折射波导，已经实现了芯片上偏振态的操控。[7] 采用紫外激光在光敏玻璃内制备的波导，已经实现了可调谐器件和基于波导的单光子探测。[8] 此外，易于与其他光子学组件集成，意味着激光写入电路可以用作桥接多种技术的一项手段（见图 2）。[9]

量子计算是一项非常令人兴奋的前景。然而，这是一个具有挑战性的目标，并且在短期内有许多阶段有望显著颠覆当前的计算和通信技术。其中之一是量子仿真，其中光子模拟提供了从光合作用到化学的任何仿真的巨大潜力。[10]

激光写入电路已经在量子仿真研究中起到转变作用；澳大利亚悉尼、意大利米兰和德国耶拿的研究团队，都已经展示了用于光子相关性研究的波导阵列。这些电路使用波导，当紧密接近放置时，可以交换能量，并且可以用来模拟类似的晶格，如石墨烯。[11]

由于具备与多个不同器件平台连接的潜力，未来的小型量子电路将有可能利用激光写入器件的便利性。然而，仍有余地推进到目前未探索的区域，即高折射率对比度（大于 2%）和高非线性，这两方面对增加电路密度都极为关键。

例如，McMillen 等人已经在“在硫系玻璃中发展低损耗光子学电路”方面取得了显著进展。[12] 这种材料由镓镧硫化物组成，已经可以低成本提供；苏格兰爱丁堡的一个激光刻划研究团队，已经开始探索这种材料具备的可能性，比如高非线性和中红外透过。[13]

这些实例显示了激光写入波导在光子操控、生产和探测方面的优点和前景。研究人员正在研究像高非线性和高折射率对比度波导这样的挑战，一系列小规模的量子计算也已经完成。这使得飞秒激光直写技术成为在“短期内实现基本的量子处理器展示”方面，为数不多的竞争者之一。❑

参考文献详见网络版



激光焊接

管材、型材加工的全新选择

通快公司

激光已经成为了一种工业加工手段，用它来加工各种形状、各种壁厚的碳钢、不锈钢和有色金属都可以得到非常理想的效果。因此，激光已经是焊接管材、型材，加工锯带的理想选择。持续、高质量焊接管材和型材对生产来说意味着高效率和低成本。

通快提供的 TruLaserCell 1100 系统集成了通快独特的光源和灵敏的光束引导系统。通快具有专业激光加工知识，结合丰富的经验，使激光焊接成为了管材、型材和锯带焊接的不二之选。

管材的连续焊接

从 1994 年开始，通快开始将 CO_2 激光器用于不锈钢管焊接，焊接速度高达 80 m/min。由于 CO_2 激光束的特殊形状，使获得大深宽比焊缝成为可能。图 1 所示的焊缝截面显示了 3 mm 的不锈钢管材，采用激光焊接时，焊缝宽度最宽只有 0.5 mm。而在管材内部，焊缝宽度更小。很高的焊接速度，很少的热输入，带来的结果是很小的变形。激光焊接的稳定性很高，这就保证了在一定板厚范围内的管材、型材可以连续、高质量地完成焊接生产。大的径宽比，即圆形管材的直径和管壁之间的比例，使激光成为管材和型材生产的理想之选。

您更喜欢哪种形状？

与传统焊接方法不同，不同的焊缝形状恰恰证明了激光焊接卓越的加工效果。如焊接角焊缝，或需要填充材料来加强的搭接焊缝，激光焊接即可以得到很大的接合面。图 2 是 0.8 mm 钣金搭接激光焊接的效果图，其熔深达到了 0.86 mm。

对其他接头形式，例如对接接头，激光光束直接穿透板材，并将它们焊接在一起。焊接对接焊缝时，采用深熔焊，焊接强度主要由母材厚度决定，这样得到的机械强度最大。这也是为什么激光焊可以用来焊接高压管（IHF）的原因。

激光焊接可以灵活适应多种焊接接头形式，这也使激光焊成为了焊接复杂型材的首选。即便是带涂层的材料，多层搭接接头，均可使用激光焊接。这也开创了新型成型的方式，由此，型材即能立即进一步加工。高加工速度、可靠的加工稳定性和很少的焊接飞溅，成就了激光焊接型材的经济与高效。



图1：左图为不同的圆形管材；右图为管壁仅3 mm厚的不锈钢管中的典型激光焊缝截面图。

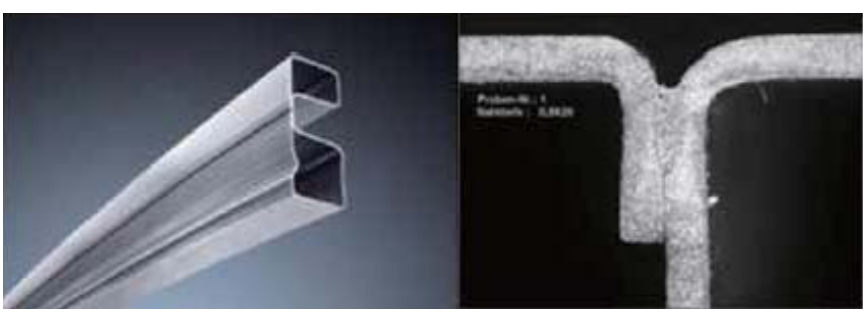


图2：左图为型材激光焊接；右图为激光焊接0.8 mm搭接接头。

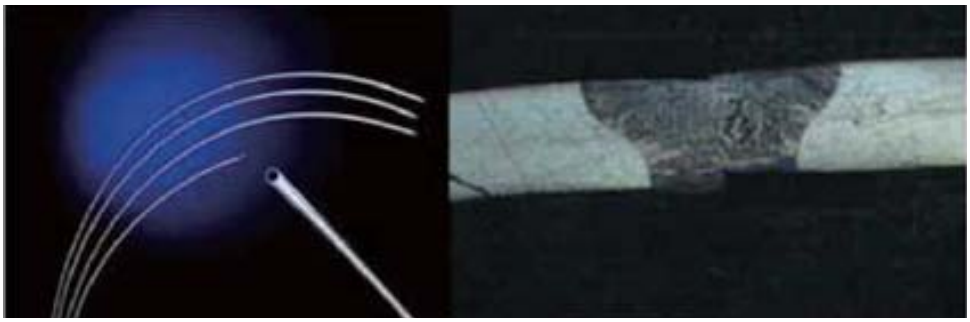


图3：左图为激光焊接电缆外皮；右图为0.15 mm钣金搭接激光焊接焊缝截面图。

小巧、纤薄和多种选择

CO_2 激光器多适用于得到深且窄的焊缝，但是也有根据钣金厚度要求尽可能宽的焊缝的应用，例如焊接管壁厚度在 0.1~0.5 mm 之间的电缆外皮或薄管材。图 3 显示了这种电缆焊缝的截面图。这里的焊缝宽度远大于 0.15 mm 的钣金厚度，因此深宽比更小。

对于这种加工方法，TruLaser Cell 1100 配备了一台固体激光器。固体激光有着良好的光斑形状，波长为 1064 nm，它能优化热传导焊接，不仅能加工不锈钢和铝，还能加工像铜或金这样的有色金属。在用激光进行热传导焊接时，材料的热扩散依旧很小，这能大大地提高效率，因为几乎所有的能量都被用到了焊接中了。焊缝有着洁净、高质量并且光滑的表面。

短型材

激光器和 TruLaser Cell 1100 都能高效地生产短型材。

进入生产工厂一探究竟，你会发现短型材不是连续生产出来的，而大多是以 6 m 或 12 m 的小段生产的。这里，多样化的型材只需几个基本的条件就能生产出来。图 4 举了这样一个例子：两个型材和不同宽度的中间连接板，构成了不同的型材。

激光焊接管材和型材的典型行业包括建筑技术、汽车技术和医疗技术等行业，这些行业一般对精度、质量和安全要求很高。

一台系统适用所有应用

通快开发了专门用于优化管材和型材焊接的激光系统——TruLaser Cell 1100 产品系列，能满足各种需要，操作安全、简单。对于新用户来说，TruLaser Cell 1100 也是激光焊接管材和型材的理想选择。

TruLaser Cell 1100 占地面积虽小，但却能提供用户需要的所有东西：激光源（可选配 CO_2 激光器或固体激光器）、装有焊接头的光路系统和各种不同的轴，以确保焊接区域的可达性。各种可选功能和备件使该系统能满足客户的多元化需求和各种现场条件。

TruLaser Cell 1100 T/TC：管材焊接最优系统

TruLaser Cell 1100 TC 是连续焊管的最优选择。占地面积小使其能放在任何地方。在 TruLaser Cell 1100 TC 上，激光器直接集成到机器外壳上；TruLaser Cell 1100 T 的激光器能独立放置在工作台之外。激光光束从另一处耦合到光路中。

TruLaser Cell 1100 T/TC 的光路系统能直接装配到生产线上。它的焊接头安装在加工方向的轴上，通过电机驱动的滑块可实现位置调节，以得到最佳焊接区域。

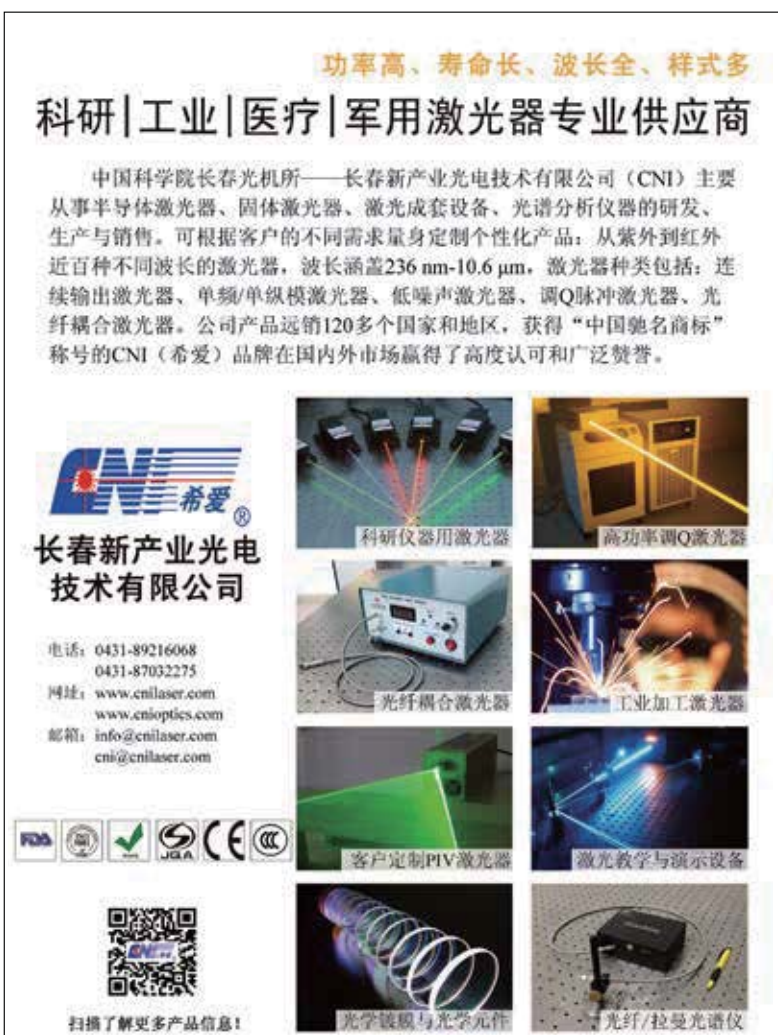




图4：同样型材造出的短型材。

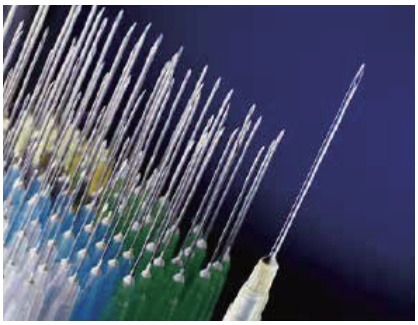


图5：激光焊接医用注射器上的皮下注射针。



图6：TruLaser Cell 1100 TC，CO_2激光器集成到光路中。



图7：焊缝跟踪系统TRUMPF Seamline，上图为光学检测方式，下图为机械检测方式。



图8：通快LaserNetwork。

用于高度调整的电机驱动 Z 轴，将焊接头在最短的时间内重新定位，以适应不同直径的管材。有多种焊缝跟踪系统可供选择，即便焊缝不规则，也能始终保证光斑一直在焊缝上。这样就满足了焊缝一次成型的要求，甚至可放在可见区域。

TruLaser Cell 1100 P/PC：型材焊接最优系统

TruLaser Cell 1100 P/PC 有着同 TruLaser Cell 1100 T/TC 一样的功能结构，它的电机驱动 X 轴能横向调整加工头的位置。在生产不同宽度的型材时，能根据焊缝位置灵活调整焊接头。TruLaser Cell 1100 P/PC 在加工头上也有回转轴，因此能调整光束的入射角度，适应不同的焊缝位置。这意味着激光光束不必总是垂直在型材表面上，它也可以从某一角度焊接工件。电机驱动的 Z 轴在高度上调整焊接头，使机器能适用于不同种类的型材。如果想在同样的工作位置需要更深的焊缝，那么也就有了更多的解决方案。

与高功率 CO_2 激光器相结合，在同一个焊接位置可实现焊接深度跨越几个毫米，甚至穿透几个钣金叠层。

由于激光焊接焊缝的强度很高，可以直接进行下一步加工，例如焊接完成后直接折弯。多达 200 个存储在设备中的焊接参数，可供您快速的调用并插入焊接程序，这些参数基本覆盖了所有型材的焊接需求。

精准定位

激光焊接时的光斑位置对焊接质量的影响非常大，特别是对接焊缝。这也是为什么通快研发了焊缝检测和跟踪系统——Seamline。传感器系统探测缝隙并自动将焊接头调整到焊接区域。缝隙偏差可通过机械或光学方式检测，并可在实时 SPS 的帮助下调整焊接位置。

加工网络系统

对于一些管材和型材的焊接，希望用一台激光器服务于多个工作台，这个想法可以通过通快的 LaserNetwork 实现。此功能在使用固体激光器时特别容易：激光通过光纤传送到加工镜头上。激光器可独立安装在系统之外，最多可配 6 根输出光纤。CO_2 激光器同样可以通过分光组件和光闸高效地把激光分配给多个工作站使用。

连续焊接生产

通快的系统和所有的组件都是为连续焊接而设计的。所有的反射镜和镜头都是水冷型且恒温工作的。激光器的设计能满足不停机操作需求。传感器会探测焊缝偏差，相应地调整镜头，保证持续最优的焊接效果。即便出现停机情况，也可以通过 TelePresence 功能进行快速可靠的在线诊断。通快的当地服务技术人员会通过 TelePresence 支持您调试和运行设备。❑

CASTECH®
福晶科技

欢迎光临：
CIOE 2014

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

公司目前拥有900多名员工，超过4万平方米的新生产厂房，创立至今二十余年，公司逐步发展了熔盐法、提拉法、水溶液法等多种晶体生长技术；建立了包括德国LOH数控研磨机、韩国光进上下摆机、日本Speedfam双抛机、环抛机等在内的全套高精度光学元件生产线；开发了IBS、IAD、Ebeam等多种镀膜工艺以适应不同应用需求。此外，公司的检测技术与设备也处于业界领先地位，拥有Zygo、Nikon、Trioptics、Hinds等各类先进检测仪器。公司产品深受国际业界推崇，是全球众多顶级厂商的首选供应商。

公司新大楼



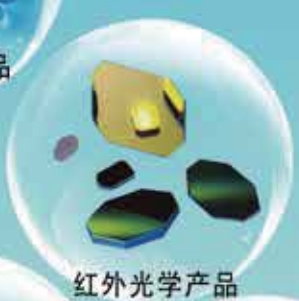
















产品系列

一、晶体

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

二、精密光学元件

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

三、激光及光通讯器件

1. 高功率光隔离器
2. 扫描场镜
3. 电光Q开关
4. 温控炉(仪)
5. 光准直器
6. 标准具

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

企业特写/Featured Company

德国工艺，专注品质二十载

——记德国DILAS成立二十周年

德国 DILAS 成立于 1994 年，总部位于配有良好基础设施的美因茨。在创建之初，德国 DILAS 就定位于用高效率高功率半导体激光器实现激光在各个行业中的应用。

成长之路

德国 DILAS 成立之初是一个只有 8 人的小团队，但是坚持不懈地认真态度以及专业的行业经验，帮助公司在成立的第二年就有了不俗的表现，成为世界上第一家用铜制造微通道水冷热沉的半导体激光器公司。在 1997 年与全球激光行业巨头 ROFIN-Sinar 联袂后，进一步加快了为客户提供最完善的激光解决方案的步伐。公司分别于 2005 年和 2008 年在北美及中国设立分公司。公司发展至今也一直保持着良好的盈利业绩，甚至在金融危机爆发的 2008-2009 年间也不例外。

现在，德国 DILAS 拥有了专门的工程部门，专注研究高效、精确的自动化生产工艺及流程，在确保产品质量的同时，也在不断提高生产效率并降低生产成本。茁壮成长的德国 DILAS 始终以行业领先者的地位为目标，不断挑战研发半导体激光领域内最先进的技术，并始终专注于如何为客户提供最优质的产品。

只专注于半导体激光器

德国 DILAS 始终强调只做半导体激光器。不断挑战和优化行业内已知原理，并始终努力将创新技术融合到实际产品应用中是我们成功的关键。

作为德国 DILAS 的第一款产品——采用铜制微通道水冷热沉的半导体激光模块，拥有功率高和尺寸小等前所未有的优势。这为我们进一步开发二维叠阵等产品奠定了基础。在累积了相当的半导体芯片封装及光学准直技术后，至今我们已拥有了可用于材料处理的上千瓦的高功率直接输出半导体激光头。

公司在 2012 年创新研发的 T-Bar 系列产品，将全球半导体激光器封装技术引入一个全新的阶段。除了最初推出的重量仅 905g、尺寸 130x65x39mm^3 的 200W 光纤激光器泵浦模块外，现在德国 DILAS 的 T-Bar 系列产品的输出功率已经拓展至 1200W，正在被更多的行业应用作为首选方案。

除了提供优质的产品外，我们更将满足客户的需求作为挑战及实现目标。国防、科研及工业市场往往会要求更尖端的技术，他们在寻求更高功率，更高亮度但更小尺寸与质量的产品。不同的应用会要求不同的半导体芯片和热沉及光学准直镜片，甚至不同的封装形式和尺寸，我们成熟的生产设备能灵活的调整，很好的驾驭这些需求。

同时，不一样的应用对于波长也会有各种要求，像医疗行业会需要很多不同的波长和宽光谱产品，而固体激光器泵浦用模块则需要窄线宽甚至与超窄线宽产品，某些国防应用更是在寻求新的波长。我们产品的波长范围覆盖 445~2300nm，产品波长全、式样多，使得半导体激光器可应用于半导体泵浦固体激光器、材料处理、医疗美容、数字排版印刷、科研、国防等多种不同的行业。

良性合作文化

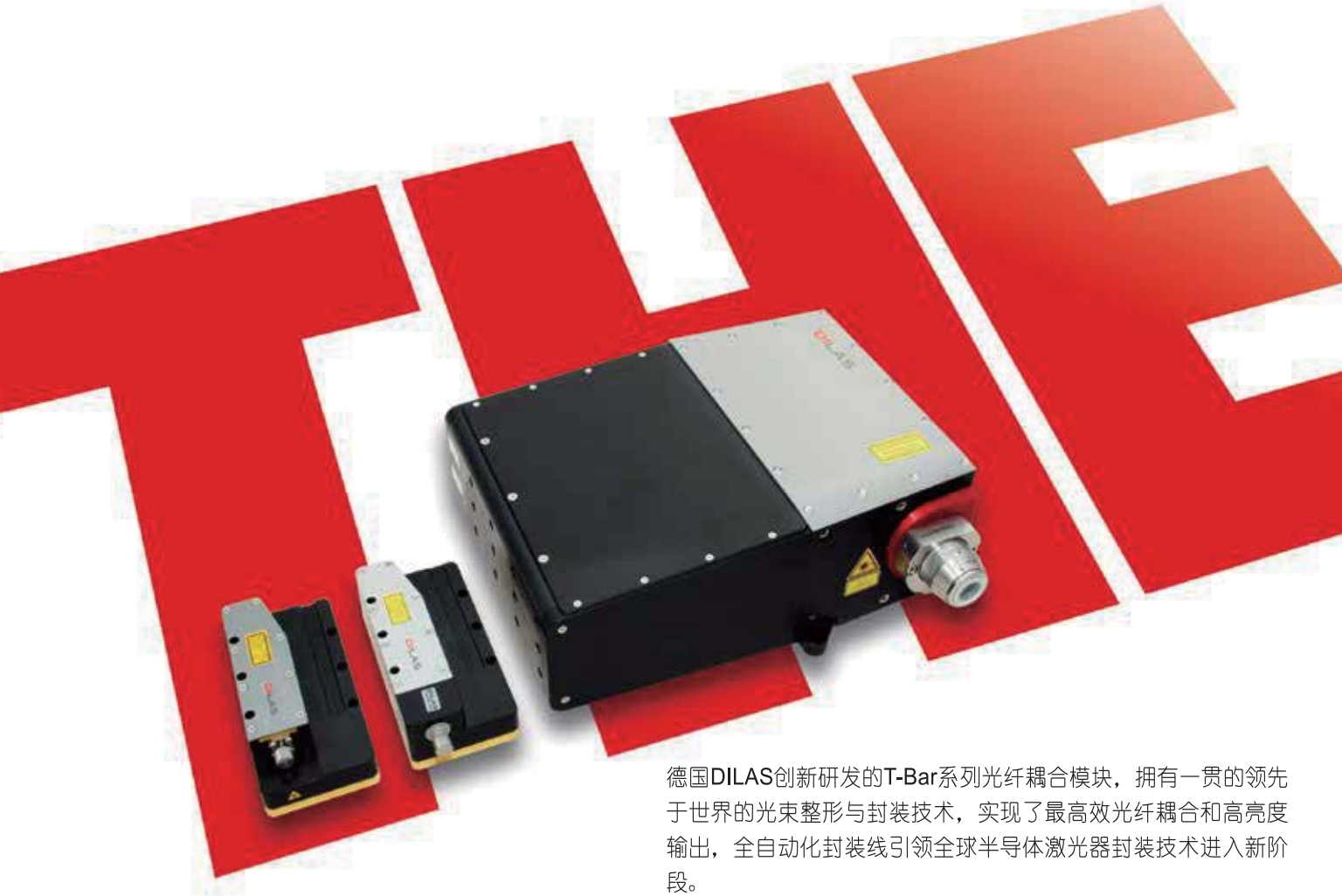
德国 DILAS 始终相信人与人之间的良性合作关系，追求共同成长与发展。除了内部团队的和谐团结，德国 DILAS 从一开始就非常注重与合作伙伴保持共同成长的良好关系。DILAS 拥有一支具有最高技术和多年从业经验的专业团队，从公司成立到现在一直与公司同在，从未离开。

注重人与人关系的公司文化，不仅让公司与员工同时获益，更引申到了我们与客户的关系中。在欧洲，客户不仅仅信任我们的产品质量，更看重我们可靠的行业经验与技术。而在中国，激光属于高新技术产业，从业人员往往缺乏应用经验，甚至很多刚刚起步的小型企业，他们都需要依赖一个可靠的伙伴来学习、成长。而我们正是以这种合作伙伴的态度，在帮助他们选择正确产品的同时，提供可靠的解决方案，帮助他们成功。虽然德国公司的产品通常以使用寿命长、能稳定地胜任恶劣环境中的工作而著称，但我们相信良好的合作关系与优异的产品质量同样重要。

用直接输出的高亮度光源直接处理加工材料是行业发展的一个新趋势。在未来十年的发展中，德国 DILAS 除了将依旧不断努力研发领先于竞争对手的创新技术，更将致力于进一步降低成本，使得激光应用更加的普遍、平民化，并通过标准化及自动化生产来提高生产效率，始终坚持做最专注的半导体激光公司。❑

千瓦级光纤激光器泵浦源

T-Bar光纤耦合模块全面超越多单管光纤耦合模块



德国DILAS创新研发的T-Bar系列光纤耦合模块，拥有一贯的领先于世界的光束整形与封装技术，实现了最高效光纤耦合和高亮度输出，全自动化封装线引领全球半导体激光器封装技术进入新阶段。

突破传统单管的限制，DILAS的T-Bar系列将为您带来更具竞争力的高效集成。更便捷的冷却方法，保证了模块在恶劣环境中的突出表现。稳定的波长，紧凑的设计以及卓越的光学设计，让T-Bar系列成为千瓦级光纤激光器泵浦源首选解决方案。200W模块产品尺寸仅为130 x 65 x 39 mm^3，重量仅905g。此外，T-Bar系列的性价比也超越传统单管光纤耦合模块。

一直以来DILAS坚持不懈地致力于为客户提供更稳定、更可靠、更优异的光学输出效果，可根据客户要求定制激光解决方案。DILAS绝对是您值得信赖的全球合作伙伴。

更多DILAS技术问题敬请联系：
电话：86-21-68552216-296
邮箱：sales@dilas-china.com.cn

DILAS
The diode laser company.
DILAS.COM.CN

激光调试

半导体激光器光斑在线调试的高效方法

刘志平，上海昊量光电设备有限公司

以往激光生产线上，在线调试依靠的主要工具是功率计，根据激光功率来判断光斑尺寸的调试结果以及光束质量的好坏。但功率计只有功率的读数，无法直观反映光束随调试的变化，调试工作费时费力，并且很难保证调试的一致性。

为了提高激光器产线的生产效率，德国光束分析仪厂商 CINOGY 公司为激光生产线调试专门设计了一款低价位、小体积、简单实用的在线激光调试专用光束分析仪——CinAlign。借助 CinAlign 在线调试光束分析仪，调试人员能同时直观定量地监控功率及光斑的变化，从而成倍缩短激光调试时间，还能极大提高激光器的一致性。

此外，CinAlign 在线调试光束分析仪 1.5 万人民币的低廉价格，能大大降低激光器生产商的成本，这也是为什么 CinAlign 在线调试光束分析仪被批量用于生产线上的原因之一。

调试方法

以下将根据激光生产线中需要调试的激光参数（光斑尺寸、功率、能量分布、发散角等），配上软件截图详细介绍 CinAlign 在线调试光束分析仪针对激光光束的调试方法。

一、“CinAlign 在线调试光束分析仪”可以确保每次调试的准确性和一致性：

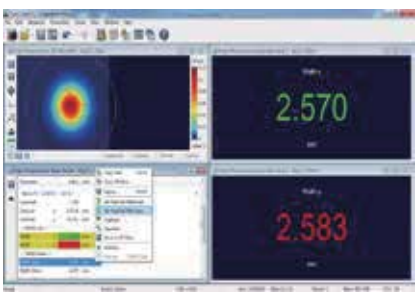
1）实时监控光斑尺寸

CinAlign 在线调试调试光束分析仪软件 RayCi 可以实时监控光斑的尺寸，能直观定量地知道激光的光斑尺寸。

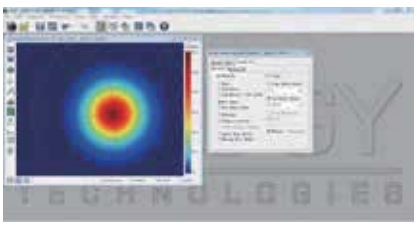


2）光斑尺寸 pass/fail 设置

RayCi 分析软件支持光斑尺寸 pass/fail 设置，例如，在调试时需要把光斑尺寸（X 方向）控制在 300~350 μm 之间（即合格品）。可以在软件上设置 X 方向的光斑大小在 300~350 μm 之间，即 pass（软件会把光斑尺寸标注成绿色），当 X 方向光斑大小不在 300~350 μm 之间时，即 fail（软件会标注成红色）。所以，产线人员在调试时，可以只看光斑颜色的变化即可。操作非常简单，产线人员非常容易上手，大大节省调试时间。

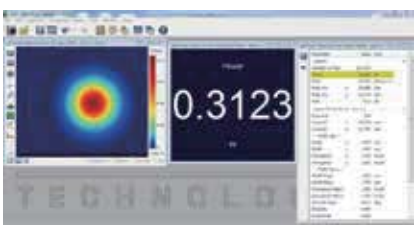


3）RayCi 软件可提供多达 10 种光斑尺寸算法，基本能完全满足所有客户应用的算法要求。



二、实时监控激光的功率：

1）实时监控激光功率。该功能不仅可以取代功率计，而且在调试时用户还可以同时监控激光功率和光斑尺寸。



2）给出功率等高线，根据功率计算光斑的尺寸。

部分应用中客户需要知道不同功率下的光斑尺寸，传统的使用功率计的调试方法是无法实现该应用的，但是 CinAlign 在线调试光束分析仪可以解决该难题。

A&P INSTRUMENT® 科艺仪器

为您提供激光、光学及运动控制产品及系统的整体解决方案

30

NORTHROP GRUMMAN

Patara™ 系列高功率 DPSS 激光器

主要特点
- 100W @ 532nm
- 400W @ 1064nm
- 90% 近圆形光束
- Q 开关
- 极好的光束指向性和脉冲稳定性



Patara™ 系列 DPSS 激光器

主要特点
- 20W @ 532nm
- 20W @ 1064nm
- 90% 近圆形光束
- TEM_{00} 模式
- Q 开关



SYNRAD CO_2 激光器

SYNRAD

firestar v-series



30W

48-series



10W

firestar f-series



200W



新 Pulstar P100



40W

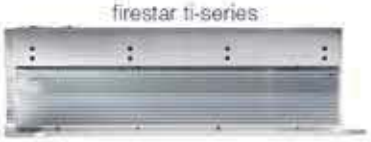


25W



400W

firestar ti-series



60W·80W·100W



新 firestar series Vi30

高速光学扫描振镜 / 扫描头 / 三轴高功率扫描振镜 / 模拟和数字伺服驱动电路板

Cambridge Technology











DirectPump 900 系列

适用于高级应用的直接发光二极管激光系统
- 波长：976 nm
- 功率：600 W

应用：
- 高级激光泵浦应用
- 固体、碟片和光纤激光器的应用
- 脉冲光纤激光器的研究
- 激光制造
  - » 资质
  - » 老化
  - » 测试



directphotonics

DIRECTBOND 系列

适用于热处理应用的直接发光二极管激光系统
- 波长：808 nm
- 功率：30 W, 60 W

应用：
- OLED 显示器的熔融焊
- 热处理应用
  - » 锡焊
  - » 塑料焊接

科艺仪器还为以下品牌提供销售及服务，更多品牌请登录 www.anp.com.hk

400-886-0017

Apico SYNRAD laserline SPI Newport Cambridge Technology eternal sun UNIVERSAL MSP Cole-Parmer PASCO NORTHROP GRUMMAN CEDRAT TECHNOLOGIES FISBA OPTIK directphotonics QIOPTIQ YAMAMOTO PreSens PALAS MATRIX

香港 HONGKONG	北京 BEIJING	上海 SHANGHAI	广州 GUANGZHOU	深圳 SHENZHEN	成都 CHENGDU	武汉 WUHAN	台湾 TAIWAN	新加坡 SINGAPORE
T: (852) 2755 6578	T: (010) 6207 4835	T: (021) 5523 3800	T: (020) 6683 0899	T: (0755) 8220 2428	T: (028) 8521 6348	T: (027) 8759 1299	T: (886) 2295 3164 6	T: (65) 6655 0909
F: (852) 2755 4549	F: (010) 6207 7434	F: (021) 5523 3811	F: (020) 6683 0898	F: (0755) 8220 2438	F: (028) 8524 2667	F: (027) 8759 1239	F: (886) 2295 3986 3	M: (65) 9090 0909
info@anp.com.hk	bj@anp.com.hk	sh@anp.com.hk	gz@anp.com.hk	sz@anp.com.hk	cd@anp.com.hk	wh@anp.com.hk	tw@anp.com.hk	sg@anp.com.hk

RFH LASER 瑞丰恒激光

工业级紫外固体激光器系列

全新升级

Excellent II 355 系列产品
Expert II 355 系列产品
新品更高品质、更高性价比



Excellent II 355(8.0W-10.0W)
(Pulse Width<30ns@50k)



Expert II 355(3.0W-5.0W)
(Pulse Width<30ns@30k)



Expert II 355(0.5W-2.0W)
(Pulse Width<30ns@30k)



MBurn355(1.5W-5.0W)
(Pulse Width<6ns@40k)

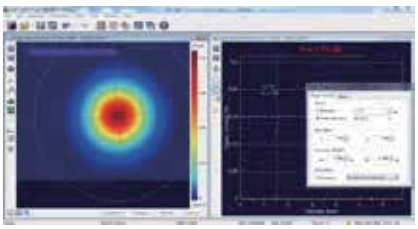
新品预定中

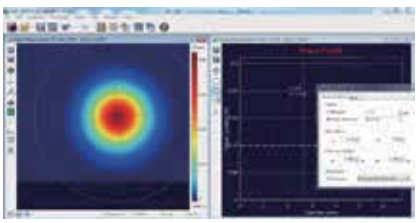
www.rfhlasertech.com

欢迎莅临 ILOPE国际激光·光电子展2014
北京中国国际展览中心
2014年10月15日至17日
展位：3号馆3610展位

深圳市瑞丰恒科技发展有限公司

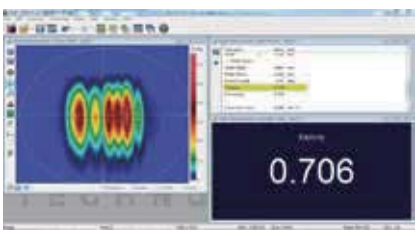
地址: 深圳市南山区高新技术产业园中区M-10二楼
电话: 0755-86375012, 18928466502, 86375016
传真: 0755-86028961
邮箱: sales@rfhlasertech.com





三、实时监控光束轮廓的变化及光束的椭圆度（圆度），用于光束整形。

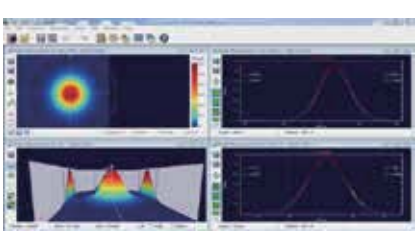
在对光束进行整形时，使用CinAlign在线调试光束分析仪，用户可以非常直观地看到光束的轮廓以及椭圆度，能非常容易地调试到所需要的形状和大小。



四、实时监控光束重心位置的变化（即重心的坐标系），可用于激光准直调试、或者相对位置的调试。

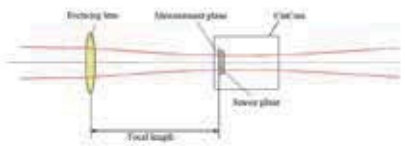


五、实时监控光束的二维、三维能量分布。

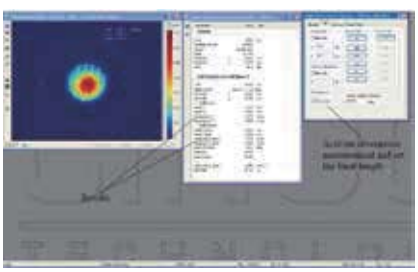


六、测量近场、原厂发散角。

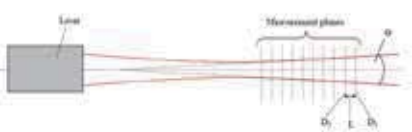
1） 近场发散角测量



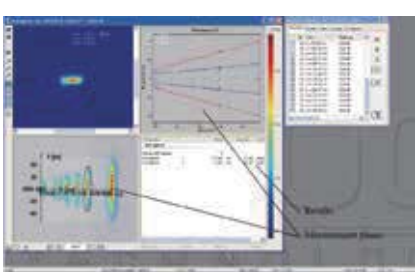
$\Theta = \frac{D_f}{f}$，Df为焦平面处的光斑直径，f为焦距。



2） 远场发散角测量。



$\Theta = 2\arctan\frac{D_1 - D_2}{2L}$，D1，D2为不同位置的光斑直径，L为两个测量位置间的距离。



CINOGY公司致力于为客户提供最好的产品和服务。上海昊量光电设备有限公司（Aunion Tech）为CINOGY公司在中国地区的独家代理商。❑

3D打印用激光器

利用近红外激光器的增材制造形成微尺寸零件

当像光固化立体成型之类的常见增材制造（3D打印）技术达到分辨率极限时，3D激光光刻在制备高分辨率3D聚合物物体方面，发挥了充分潜能。

Fabian Niesler，Martin Hermatschweiler，Anke Werner；Nanoscribe公司

增材制造（AM）或3D打印正以非常壮观的发展势头为媒体广为报道。增材制造已经在建筑、航空航天和工程应用中作为事实上的标准使用多年，目前其正在多种行业中的大批量、最终零件生产中显示出颠覆性的潜力。

在小型化普遍趋势的驱动下，对高分辨率3D打印机的需求日益增加。在微米尺度上，3D打印克服了传统制造方法对尺寸和形状复杂性的限制，使得制备微米级零件成为可能。

为何选择激光光刻？

光固化立体成型以高精度著称，其典型的层厚在50~150 μm之间。光固化立体成型是紫外（UV）激光以一层接一层的形式将一大桶液态紫外光固化聚合物聚合的过程。但是，当光固化立体成型（也称为光固化）达到其分辨率极限时，可以采用3D多光子光刻制造高度达数毫米的物体，而层厚远低于1 μm。

七年前，激光光刻领域的科学先驱们开发了第一套商用3D激光光刻系统，并成立了Nanoscribe公司，成为德国卡尔斯鲁厄理工学院（KIT）的衍生公司。该公司已经开发出了3D多光子光刻系统，如Photonic Professional GT，它是一款制造光子学、微流体、微光学、快速成型以及生命科学/生物工程应用中3D微结构和纳米结构的微型打印机。

零件制造

3D打印方法中的直接激光写入技术基于光聚合物的双光子聚合反应。在该过程中，当达到一定的强度阈值时，近红外（NIR）超短激光脉冲在空间上固化光敏材料。光致聚合反应仅在焦点区域，即所谓的体素内触发。

该工艺的分辨率以及体素尺寸，主要是由材料中的激光光斑大小、激光源功率以及感光材料自身的性质所决定。通过使用高数值孔径的聚焦光学元件，就可以获得亚微米尺寸的非常小的体素。

为了使体素相对于样品移动，可以采用两种不同的技术。在光束固定、样品移动的方法中，所述的衬底在所有三维方向上通过高精度定位单元相对聚焦光学元件移动。这种运动由压电驱动器驱动，可以实现非常精密的聚焦轨迹。最精细的横向特征尺寸在亚微米范围内，垂直分辨率通常为1 μm的几乎任意复杂形状，都是可以实现的。

如果激光束被振镜横向扫描，就可以实现打印过程中速度的显著增加。该光束移动、样品固定的方法，允许使用叠层堆积过程，实现快得多的制造。为了在甚至高写入速度下具备最高的精度，在写入过程中，光束偏转、样品移动和激光强度调制的精确协调，必须在任何时候都保证可靠。

对于零件制造，所需的结构可以在3D打印机兼容的CAD软件中设计，并以STL文件转移到激光光刻系统中。网格固定（网格为具有顶点、

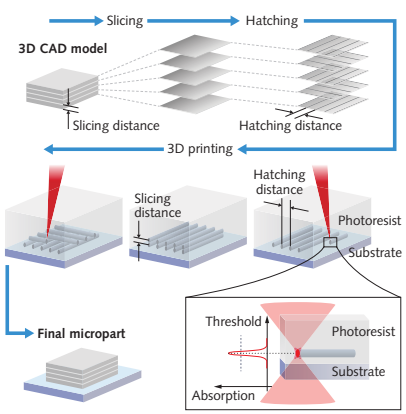


图1：经过网格固定、分层和标注的自动化过程后，通过在叠层工艺中扫描激光焦点，所需的结构转移到光聚合物内。这种3D打印工作流程基于多光子吸收；聚合反应仅在聚焦体积内的高强度区域内触发。

边和面的三角形，进而形成 3D 物体的数字文件）的自动过程消除了典型的网格错误，如丢失在物体表面形成空隙的三角形。随后分层和标注流程生成激光聚焦的轨迹（见图 1）。

材料

具有不同光学、机械、电子和化学 / 生物特性的多种材料，已成功验证用于直接激光写入。兼容光敏胶或树脂的清单上包括标准光聚合物，如 SU-8 或 Ormocere。Nanoscribe 还开发了自己的光敏剂，以在分辨率、写入速度、结构精度等方面提供最高的 3D 打印机性能，并易于在工艺链中使用。

聚合物结构可以印在各种具有不同化学和物理特性的衬底上。对正确衬底材料的选择取决于应用的类型。对于光学应用，可以使用玻璃之类的透明衬底材料，或不透明半导体晶片之类的预结构化衬底，或透明微流体芯片。激光光刻以一种优雅的方式将衬底与光学或机械部件相结合，以增强功能性。

除了众多的双光子聚合兼容光聚合物，仍然存在许多类不能用于以单步过程制备 3D 结构的非聚合性材料。当然，也有使用其他材料，包括金属、硅、石英或聚二甲基硅氧烷（PDMS）等复制 3D 聚合物零件的不同后处理技术。

更强却更轻

2012 年，欧洲未来工厂研究协会（EFFRA）强调增材制造是实现更大规模的目标，如创造可持续、高价值的基于欧洲的就业，解决社会问题，并支持环境的可持续性和制造创新。

除了增材制造和 3D 打印，纳米技术也是创新的驱动力。这两种技术的组合具有应对许多挑战的潜力。因此，微米级物体的 3D 打印机正逐渐成为各种科学和工业主题，包括材料研究、光互连和微光学等研发的一种有价值的工具。

最近，采用 3D 多光子光刻，材料研究人员已经开发出具有改进性能的功能材料以及全新的性质。已经打印出了复杂的 3D 微构架或“机械超材料”，允许大规模减轻重量。通过对单元电池形状、尺寸、取向和结构的剪裁，可以创造对声波传播具有非常规效应的超轻质多孔材料。



图2：一种六角形微架构可以承受相当于550 kg/cm^{2}的压载荷，其密度甚至小于液体水的一半。

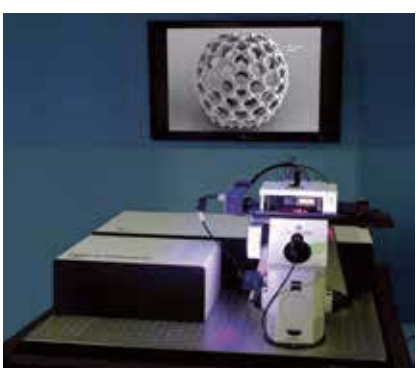


图3：用于流变学和细胞支架研究（上图）的C180富勒烯状聚合物的微结构，由Nanoscribe的Photonic Professional GT 3D打印机（下图）制成。

通过向大自然学习，研究人员正在挑战普遍的智慧，即强的材料重、而轻的材料弱。纳米级 3D 微打印可以创建强如钢，但比水轻的类骨骼材料（见图 2）。“强度和密度是与工程密切相关的两种材料特性，一般被认为是强耦合的，”KIT 的 Jens Bauer 说道，“然而，大自然向我们展示了我们如何可能克服在搜索轻却强的材料方面长期存在的壁垒。”网状骨质（海绵状）的骨骼和其他天然蜂窝固体具有优化的结构，设计上能够自适应负载情况，而同时保持总重量尽可能低。

在最小的层次级别上，由于机械尺寸效应，纳米级构建块组成的骨架具有增强的材料强度。设计具有特定微架构的多孔材料，使得能够同时利用结构优势和尺寸相关的强化机制。除了骨骼，研究人员还应用 3D 激光直写，从陶瓷 - 聚合物复合材料，微建构轻质材料。对所制备结构的机械表征，验证了出色的强度重量比，可与高性能钢和技术陶瓷相媲美。

直接激光写入也被用来以具有更高性能的光学电路代替传统的电子电路。采用基于由激光诱导双光子聚合写入的光子学焊线（PWB）的纳米光子互连技术，破纪录的超过 5 Tbit/s 的数据传输速率是可能的，这是克服数据中心和高性能计算机通信瓶颈的一种有前途的解决方案。

激光直写也在生命科学组织工程中也找到了用武之地。使用 3D 激光光刻，可以创建自由设计的细胞支架（见图 3）；可以研究物理环境（刚度和架构）对干细胞分化或细胞迁移的影响。研究已表明嵌入在这些人工细胞外基质中的活细胞的行为与在自然环境中类似，这对研究如组织再生或理解活性药物成分对伤口愈合的影响，具有重要意义。

总之，3D 打印将在纳米技术和微技术的许多领域确定其地位。世界各地的研究机构和大学都已经在微米级尺度上使用 3D 打印机，并意识到它们的性能和质量。现在，时间已经到了行业内将利润转移到研发部门的时候了。❑

OVC EXPO 2014

第11届“中国光谷”国际光电子博览会暨论坛

2014年11月6-8日 武汉国际博览中心

世界最大光纤光缆生产基地
中国最大光电器件研发生产基地
中国最大激光产业基地

THE 11TH
OPTICS VALLEY OF CHINA
INTERNATIONAL OPTOELECTRONIC
EXPOSITION AND FORUM
November 6 – 8th 2014 Wuhan International Expo Center

国际交流 International Communication



中国最大光电产业基地的国际盛会

激光/光学/3D打印馆 | 光通信展区 | 工业元电自动化专展 | 数字家庭及相关产业链展区 | 产学研合作项目对接洽谈展区

研发先锋 R&D Pioneer

58 所高等院校 | 71 个国家级科研院所 | 700 多个技术开发机构

光博11年 OVC EXPO 11th

从产业、研发到市场,世界光谷,邀您共享

30000名专业观众

50000㎡展出面积

微信扫一扫 马上有房住

下一站! 武汉!

其实我是一张观“光”券，三天两晚免住宿，观光武汉，观“光”光博会

027-87115259 87115260 官网预登记 经组委会审核后 免费送住宿 www.ovcexpo.com.cn

激光微加工

激光微加工应用于大批量制造业

新型光纤激光器系统的加工速度实现了质的飞跃，可应用于陶瓷材料如氧化铝或氮化铝的高速钻孔，在氧化铝基板上进行高速切割及划线，对蓝宝石基板进行高质量切割，对PEEK、硅胶、环氧树脂和FR4 等聚合物的高质量切割及钻孔。

武汉东隆科技有限公司

激光微加工可应用于多种材料、各种形状和特征尺寸的加工，已引起了越来越多的兴趣。随着制造业对材料加工质量和需求的不断提高，特别是对形状和位置的容差控制更加严格，激光光源、生产工艺、集成系统以及过程控制需要进一步发展，以满足逐渐提高的行业要求。

激光微加工和激光微制造是激光技术在加工领域中的重要应用。这里的“微”通常指被加工材料的厚度小于 1 毫米，尺寸精度在微米量级。激光微加工中的工具和技术更强调精确度和进程控制，因此激光器的类型、规格、光学系统及硬件配置对于稳定的高容量制造解决方案至关重要。

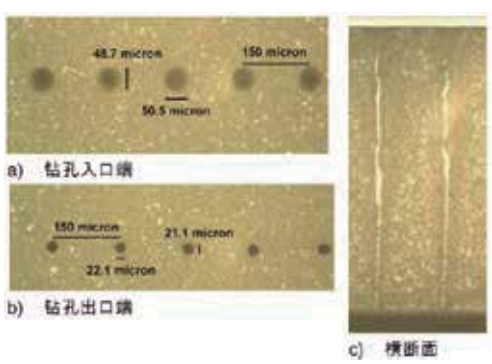


图1：厚635 μm的氧化铝（96%）钻孔结果，钻孔速度为300孔/秒。

激光的选择要考虑多种因素，包括材料特性、加工的几何形状、容差及期望产量。新一代光纤激光器以较低的价格提高了激光光源的性能，更高效、紧凑，而且应用灵活，已经成为替代棒式固态激光器和二极管泵浦固态激光器的理想选择。

IPG Photonics 拥有波长覆盖范围极广（从紫外到中红外）的一系列激光器，其中推出的准连续光（QCW）掺镱光纤激光器，具有高亮度 / 光束质量、高脉冲能量、高峰值功率及高平均功率的特点。这种风冷、紧凑型的激光器，电光转换效率超过 30%，全程免维护，输出波长为 1070 nm，“长脉冲”模式下脉冲长度从微妙到毫秒量级可调谐，另外有“连续模式”可选。同时，IPG Photonics 最新推出的脉冲型绿光光纤激光器平均输出功率可达 50 W，脉冲周期固定为 1 ns，频率范围 10 Hz~300 kHz。本文将讨论 IPG Photonics 准连续（QCW）光纤激光器和脉冲型绿光光纤激光器，通过实例研究了这两种激光器的加工工艺特点，并探讨其在规模生产中的应用。

对于准连续（QCW）光纤激光器，我们主要观察了其在陶瓷土材料如氧化铝、氮化铝以及蓝宝石中的应用结果。氧化铝（多晶 Al_2O_3）和氮化铝 (AlN) 广泛应用于 LED，射频和微波封装行业。在这些行业中，高速的钻孔和成型速度可以降低生产成本。另外蓝宝石（单晶 Al_2O_3）硬度高、光学透明度高、热传导性能好，并且通过 MOCVD 技术可以在其上生长光发射外延层，已作为衬底材料大量应用于 LED 行业。最近其应用延伸到了消费电子领域，可应用于智能手机的摄像头，功能键甚至整个显示屏。

绿光光纤激光适用于不易通过红外波段加工的材料，如聚合物 (PEEK、硅胶、环氧树脂脂和 FR4)，同时绿光光纤激光器脉冲周期更短，也可以对金属或者陶瓷进行精细加工。本文将展示这两种光纤激光器在这些材料上的不同应用结果。

准连续光纤激光器应用

实验所用激光器为 YLM-150-1500-QCW 光纤激光

器和 YLR-300-3000-QCW 光纤激光器，输出波长均为 1070 nm，脉冲周期在 10 μs~50 ms 范围内可调，实际范围取决于操作模式及参数设置。YLM-150-1500-QCW 光纤激光器搭配单模光纤（芯径 14 μm），最大峰值功率 1.5 kW，平均输出功率 150 W（连续模式时最高可达 250 W）；YLR-300-3000-QCW 光纤激光器搭配多模光纤（芯径 50 μm），最大峰值功率 3 kW，平均输出功率 300 W。

在较长脉宽下，激光加工过程一般是热加工，基板的局部温度超过了熔点，辅助气体（如空气、氮气、氧气或氩气）以物理形式清理基板上的熔融物。在典型的加工工作站中，激光或者光纤被引入准直器（聚焦长度在 50~150 mm），再被引导至切割头（包含一个可手动调焦的聚焦物镜，聚焦范围在 50~200 mm 之间）。用户可以通过控制脉冲宽度、重复频率、峰值和均值功率（占空比）、切割速度、气体种类和气压等参数，来控制和最小化热影响区域。

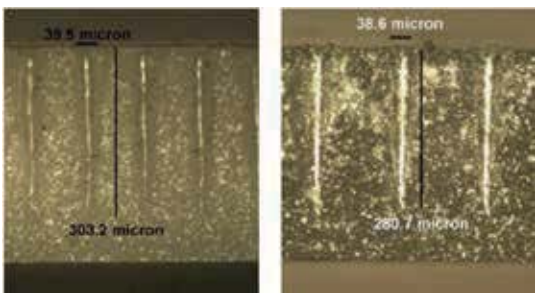


图2：381 μm厚氧化铝及氮化铝的划线结果，速度为300 mm/s。

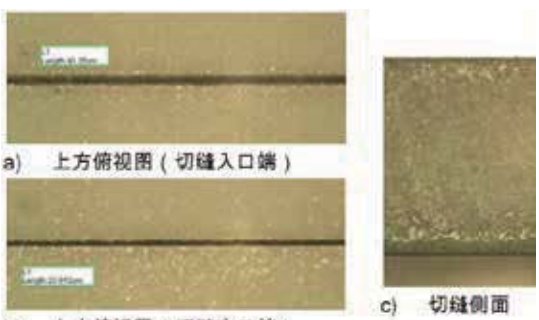


图3：381 μm厚的氧化铝（99.6%）的切割结果，速度250 mm/s。

准连续光纤激光器本身可对峰值功率、均值功率和脉冲宽度进行大范围调节。并且可以在单模和多模间切换，以实现聚焦光斑尺寸的调节。与单模光纤匹配时，光束几乎可以聚焦在衍射极限值以下，光斑直径可以进一步缩小到 20 μm，功率密度达 107 W/cm^2。即使对近红外波段的线性吸收很差的材料（如蓝宝石和氧化铝），以上特性也可以引入激光耦合和局部熔化。

（一）准连续光纤激光用于钻孔

准连续光纤激光可实现高速钻孔，一个激光脉冲钻一个孔。此实验中，使用的光纤为单模光纤，脉冲宽度约为 200 μs。被钻孔材料为 635 μm 厚的氧化铝（96%），钻孔速度为 300 孔 / 秒，孔间距为 150 μm，工件在光束下以 45 mm/s 的线性速率移动。激光脉宽越短，最大钻孔速度越高。也就是说，要达到最好的钻孔质量，需要最佳峰值功率，并优化脉冲能量和脉冲宽度。一般钻更厚的材料时，需要更高的脉冲能量或者更长的脉冲宽度。

图 1 展示了钻孔的入口和出口。通过显微镜观察，出口直径为 22±3 μm，入口为 49±3 μm。工件在加工前已镀膜，加工后进行了清理和打磨处理。

通过改变加工光纤的直径（例如改变激光光源和光纤，或通过光束转换 / 耦合器件将激光注入光纤转接到更大的加工光纤）、光束传输系统（变化准直和聚焦物镜的长度）或者加工参数（一般指脉冲宽度和 / 或脉冲能量，例如峰值功率），可以改变所加工孔的尺寸。

（二）QCW 光纤激光用于划线和切割

陶瓷土划线的原理与钻孔相似，也是通过一个脉冲在基板上形成一个盲孔，然后辅以适合的脉冲间隔，使其形成一条线。

图 2a 展示了 381 μm 厚的氧化铝 (99.6%) 上进行划线的结果，速度为 300 mm/s，图 2b 展示了对 381 μm 厚的氮化铝的划线，速度同样为 300 mm/s。两者的脉冲宽度都小于 50 μs。

图 3 展示了单模准连续激光对厚度为 381 μm 的氧化铝 (96%) 进行切割的结果，速度为 250 mm/s。加工前后，材料表面分别进行了镀膜和去除镀膜处理，以减小飞溅和避免重铸。实现了无浮渣和破裂产生的高品质切割。

纳秒脉宽绿光光纤激光加工结果

此实验应用了一种新型532 nm、脉宽 1 ns 的光纤激光器，型号为 GLPN-100-1-10-R（100 mJ/ 脉冲 @100 kHz、10 W），GLPN-200-1-20-R (200 mJ/ 脉冲 @100 kHz、20 W)。

在这种相对较短（低于 100 ns) 的脉冲下，加工是一种典型的消蚀过程，每个脉冲将特定体积的材料去除。用于传统激光加工时，光束通过远场成像技术迅速聚焦到目标工件的小点上，加工本身是依靠 " 直写技术 " 实现。某些应用中，光束是固定的，通过工件在光束下的移动来获得期望的图案。载物台可以多轴向移动，与激光的触发配合可以加工出更复杂的图案。

高质量的微加工需要材料和激光的良好耦合。一般情

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

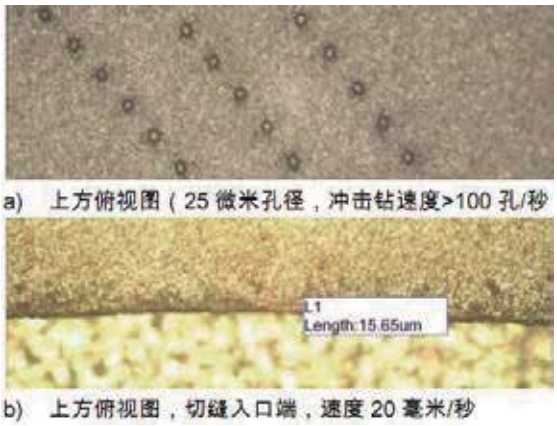


图4：绿光1 ns光纤激光器针对PEEK（厚度为50μm）的钻孔与切割实验。

况下，波长越短，光子能量越高，耦合效率越高。同时，高脉冲能量、短脉冲或紧密聚焦可以在材料上聚集更高的激光强度，显著提高耦合效率。除了光学性质外，材料的热性质（热扩散率）也非常重要。同样的脉冲宽度下，通过提升辐射吸收率，提升了加工质量，但减小了消蚀的材料体积。另外，在相同波长下，缩短脉冲宽度一般会减少其对材料的消蚀体积。要同时达到质量和产量的要求，通常需要在波长和脉宽之间做到平衡。

图 4 展示了这种 1 ns 脉宽、532 nm 波长绿光光纤激光加工 PEEK 材料的能力。PEEK 是一种半结晶热塑材料，在高温时仍可保持的优秀力学和化学特性。在 20 mm/s 的速度下，实现了对 50 μm 厚的 PEEK 材料的高速冲击钻孔 (100 孔 / 秒) 和高质量切割。图 5 展示了使用了 1 ns 绿光光纤激光切割金属（诸如黄铜、铜、镁、钴化铁等），切割质量能与皮秒级别超短脉冲相较。

因为篇幅有限，本文仅展示部分实验结果。我们的实验结果表明，1 ns 脉宽已经可以达成与 ~10 ps 更短脉宽激光相比较的加工质量，且具有更高的消蚀速率。该 1 ns 绿光激光以其“短脉冲”和高重复频率成为高速消蚀性加工的理想选择，并与“长脉宽”的准连续光纤激光形成良好互补。与其他纳秒级短脉冲激光相比，通过 1064 nm 倍频得到的 532 nm 激光在提高耦合性和脉冲能量之间提供了最佳权衡，所需最高脉冲能量还可以进一步降低，比如通过多次倍频获得更短的波长，例如 266 nm 和 355 nm。

激光系统

综上所述，根据不同材料及其应用，选择激光时除了要满足质量需求，还应选择合适的尺寸、规格，并充分考虑高容量生产的需求，包括扩大产能和降低成本。为了满足生产综合性及设备功能性的多种需求，IPG 光子微系统部门向市场推出了一系列激光器及光束传输系统工作站。

工作站支持手动加载、半自动配置、也可选择集成自动化盒式装载平台，以便在高容量生产中实现自动化。用户最多可以配备 4 个盒式装载 / 卸载端口。这些配置能提供不同的格式，具有多种操作控制功能，可确保生产进程高效稳定。



图5：使用1 ns脉宽绿光光纤激光器对金属的切割。

考虑到机械稳定性及热稳定性，工作站配有花岗岩支撑结构，用于安置光学部件及精密部件操作台。另外还有能使部件及光束自动校准的的相机，精确度达到微米级。工作站还配有电脑控制照明和自动聚焦子系统。集成的电源及脉冲能量监控装置能够自动检测并调整激光器的功率和 / 或能量水平。长时间运转时，系统还能检测并修正位置漂移和光束尺寸变化。自带软件系统，可设置参数、控制进程并存储日志数据。

结论

文中讨论了 IPG Photonics 推出的新一代准连续光纤激光器及绿光光纤激光器在几种不同应用中的性能表现。准连续光纤激光器能够以热切割形式，对数毫米厚的基板进行高质量切割、划线及钻孔。光束投射在基板上的光斑小（直径 <20 μm），功率密度高，可用于对近红外波段透明的材料加工。如果需要大直径光斑，借助一些技术也完全能够做到。与准连续光纤激光器不同的是，绿光光纤激光器可对热敏感材料如聚合物和陶瓷及金属等进行切割、钻孔和铣削。其脉冲周期短，有助于减少热穿透；平均功率高，重复率高，有助于提高生产率。上述两种光纤激光器可彼此互为补充，扩大激光加工的范围。为此，IPG 微系统部门为规模生产特别推出了一种新型激光工作站，可同时集成这两种激光器用于高容量制造。❑

运动控制

软件支持多光纤准直方案

为解决从大直径单芯光纤到高分辨率衍射光栅的准直需求，运动控制软件在许多设置中必须可设置用于多轴光纤准直。

Guy Bouvree，GBC&S Consulting Services公司；Beda Espinoza，Newport公司

光纤对于支持当前的网络数据传输设备、高数据分组和快速数据传输的移动应用需求而言，发挥着至关重要的作用。为了适应这一趋势，制造商正在发展更小的多通道设备。因此，生产中使用的光纤准直系统必须足够灵活，以适应光源、通道数、探测器类型以及视觉系统等各种设备的不同配置。准直系统还必须足够精密，以便在工作开始时便能检测出问题所在，从而减少后续成本。

为了应对这些挑战，GBC&S 公司开发的 Apgee 软件包，可以配置为用于多轴光纤准直，从简单的 xyz 平台，到更为复杂的几何轨迹，如六自由度，甚至是具有 12 个轴和负载 / 卸载功能的配置。额外的配置也可以根据电机类型、多种准直算法和视频能力进行设置。为了说明对光纤准直软件和硬件的全部需求，下文将介绍三种通用的光学设备，以及必须应对的准直挑战。

光纤准直的挑战

光纤（或光学）准直的目标是找到最大光量通过所有设备和组件的位置。第一项挑战是要找到光束，其次

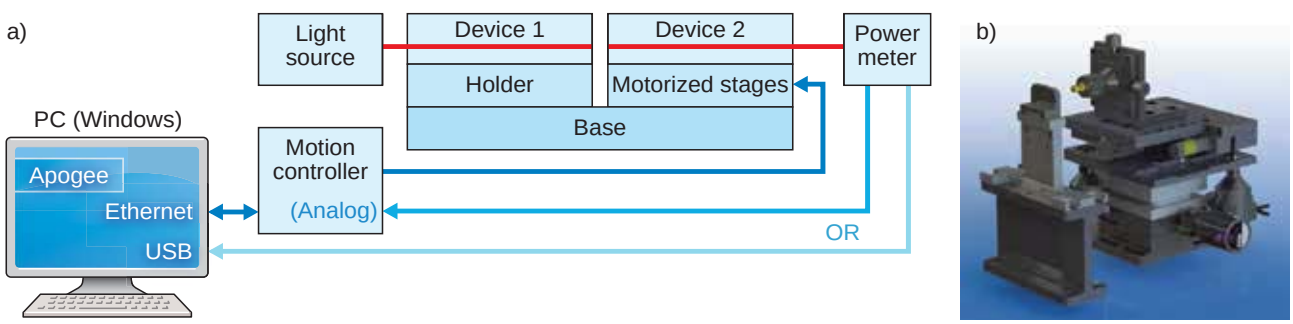


图1：在单通道单端光纤准直配置过程中，首先通过光栅扫描找出xy平面的光束边缘，然后利用二分法算法搜索优化xyz平台中最大光束功率的位置（a）。照片中所示的是利用Newport公司的 NSA12 XYZ电动驱动器的单通道单端光纤的准直装置（b）。

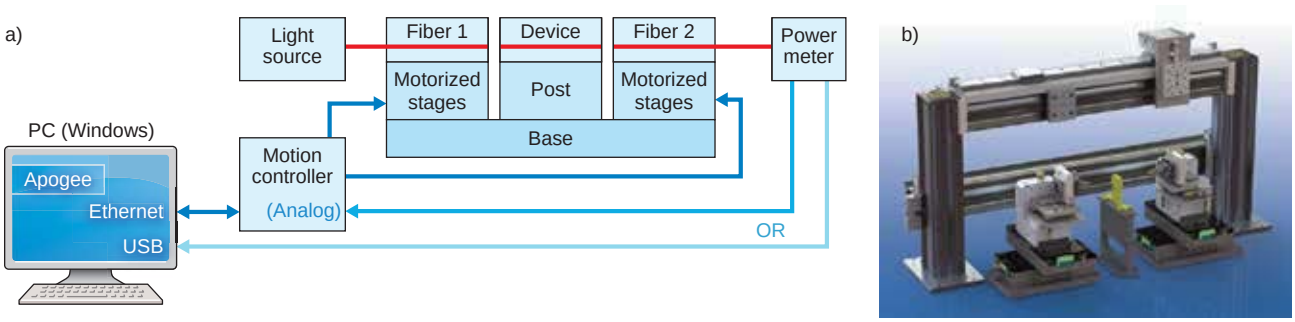


图2：在单通道双端光纤准直配置流程中（即光纤-设备-光纤），将执行下列步骤：对输入（左）端进行视频辅助定位，对输出（右）端进行视频辅助定位，对输入（左）端进行二分法（xyz）搜索，对输出（右）端进行二分法（xyz）搜索（a）。照片显示的是使用Newport XMS100和VP-25XL运动平台的单通道双端光纤准直装置（b）。

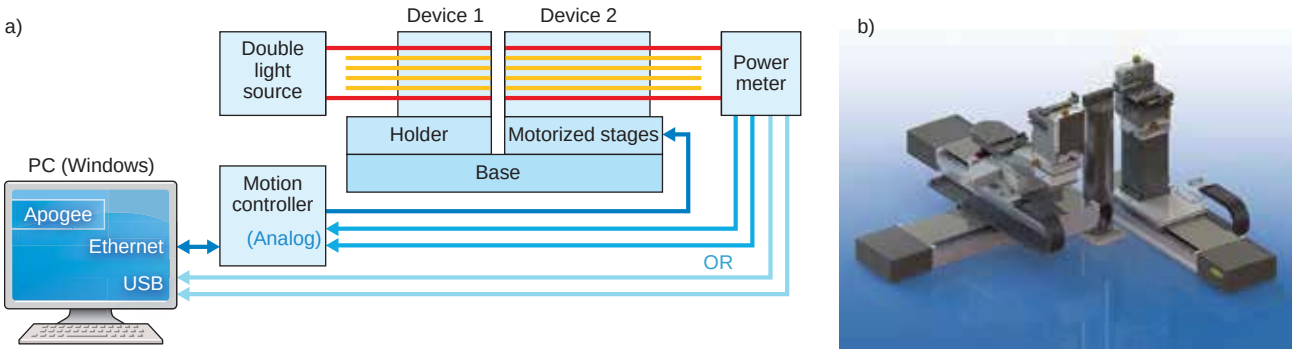


图3：在多通道单端光纤准直配置流程（即光纤阵列到设备阵列的准直过程）中，将执行下列步骤（a）：螺旋（首先找到通道1的光），单轴扫描（RZ找到最后一个通道的光），二分法（xyz以最大化通道1和最后一个通道的光，以及所有其他通道的平均值），和二分法（XYZ最大限度地在所有其他通道两个通道和平均上）。照片显示了配置有16轴光纤准直系统，全套的搜索算法，以及视频和加载/卸载能力的双端装置（b）。

的挑战是找到该光束峰值强度所处的位置。这通常采用具有合适的最小移动量（Minimum Incremental Motion）的硬件，根据功率水平和速度来寻找位置，从而尽可能快地完成搜索算法。

取决于最终设备的复杂性，光纤准直可能需要 3-16 个轴的运动、一个功率探头和表头，以及多个视觉传感器。此外，一些轴会非常重要，因此可能必须混合和匹配不同类型的运动平台和相关控制器，以建立最有效的、最经济的光纤准直解决方案。

理想的软件必须能够实现这些算法，同时还必须与运动控制器、功率探头以及视觉传感器兼容。另一项重要功能是能够对结果进行监控，并以易于理解且直观的形式呈现数据。

下面三种设备配置的例子是通常在光纤准直应用中能够找到的：1）简单的单通道单端配置；2）单通道双端配置；3）多通道双端光栅配置。

每种情况均具有自身的挑战，从最优化流程到有效地进行准直所需要的各种硬件的实际集成，然后转移到该流程的下一个步骤，即接合（也就是焊接或胶合）。尽可能完美地完成准直步骤至关重要，以减少后续工作流程的损失。

单通道单端光纤准直

这是光纤准直系统要求最简单的配置，在这种配置中，一个单通道设备与另一个单通道设备准直。通常情况下这些是单模光纤，具有众所周知的光学传输特性。

准直流程从利用一种算法以较大的增量找到透射光开始，然后执行更明确的算法，以搜索该光束的最强位置。在这种情况下，搜索可能以光栅扫描开始，然后利用二分法扫描完成这一步骤。

光栅扫描可以简单地围绕 xy 平面，以其中一轴为索引，而沿另一轴扫描。当检测到光时，停止光栅扫描。二分法算法在一轴上离散步进，当功率信号增加时沿此方向持续运动。否则，该算法将在该轴方向反向，并开始在另一个方向上继续移动。

图 1a 所示的是该配置中使用的硬件、运动控制器和功率计之间的控制路径，以及与软件通信的示意图。图 1b 给出了采用 Newport 运动产品的实际系统的一个例子。

单通道双端光纤准直

下一项配置实例涉及到双端设备，更为复杂。双端设备从一个接口向另一个接口发送信号。该流程与单模光纤已知的光学传输特性类似，不同之处是需要粗略准直设备的左右两端。

这种准直能通过视频辅助完成，需要在设备第一次使用时进行，以作为初始点。最终，如果设备在部件之间是不动的，准直流程中将不需要视频辅助。在这种情况下，可以采用单通道单端配置中所用到的相同搜索算法，但执行两次，一次是在设备左端，然后是在该设备的右端。

图 2 给出了在此配置中所使用的硬件、运动控制器和功率计之间的控制路径，以及与软件之间通信的示意图。该软件将为设备的每端单独执行搜索算法。图中未给出的是也可以通过 Apogee 软件显示的视频信号路径。

多通道单端光纤准直

第三种配置涉及多个单端通道。该配置的挑战是，首先确定是将所有通道的功率最大化，还是使用平均值。显然，使每个通道的功率输出最大化是理想情况，但考虑所花费的时间，这种方案可能并不切实际。因此，在此配置中实现的是平均所有通道间的最佳功率。

以螺旋算法开始，首先找到第一通道的光束。一旦找到通道 1 的光束，

便进行光栅扫描找到最后一个通道的光束。接下来，将执行二分法搜索，以找到最大光束功率的位置。此时，准直通道还需要角度调整，并将进行另一次二分法搜索，以找到所有通道中最高的最大功率。

图 3 给出了该配置所使用的硬件示意图，具备使用两个检测器 / 功率计的能力。该软件将为第一个和最后一个通道单独执行搜索算法，也将为所有通道的平均值执行搜索算法。

其他光纤准直配置

其他可能的光纤准直配置有 1）：单通道到多通道、单端（单模或多模光纤）；2）：具有临界角测量的单通道单端。后者需要倾斜调整，相比 xyz 平台组合，HXP 六轴联动机构是最好的解决方案（见图 4）。Newport HXP 的优势在于具有两个可编程的虚拟旋转点，用于在通道表面进行精确角度对准。

除了光栅和二分法算法，软件还必须具备其他算法，以便用户能够选择其中的算法单独或组合使用，进而优化搜索时间。下面是根据设备的属性可以实现的一些额外算法：

- 找到光的算法：1）螺旋（在 xy、xz 或 yz 平面内），具有可编程的步长和距中心的最大距离，和 2）视频辅助定位，在像素大小校准后，它允许用户仅通过点击视频图像，便可以定位设备附近的光纤。
- 优化位置的算法：Escalade——执行两段小的光栅扫描后，使光纤沿第三轴移动，以增强信号。

当考虑到制造基于光纤的器件的总流程时，光纤准直是重要的一步。为了形成完整的解决方案，与其他硬件的连接同样也非常重要。例如，控制机器人、点胶机和紫外固化灯的能力，将增强该流程的下游软件的可用性。

基于装配这些光学器件的不同要求，不存在满足所有要求的标准硬件和软件解决方案。另一方面，Apogee 具备支持设备不同配置（单通道与多通道、单端与双端、单模与多模）、不同运动控制要求（低价到高端，堆叠平台到 6 轴联动机构）、探测器以及视觉传感器的能力。Apogee 也具备在设备改变或流程升级时，进行配置和重新配置的灵活性。❑



图4：HXP100P六自由度6轴联动机构用于单通道单端光纤准直应用。



技术中心 Technologies Center

中波红外光学材料

CVD 金刚石红外光学特性支持 EUV 光刻

EUV光刻中基于等离子体光源的红外 (IR) 透射窗口必须面对苛刻的光学和物理环境；CVD金刚石同时具有高红外透射能力与极高的强度及惰性，是 EUV光刻的理想材料。

Andrew Bennett, Eugene Anoikin, Benno Vrolijk; 元素六

40 多年来，著名的摩尔定律始终左右着光刻行业，不断推动计算机芯片向更高性能和更低能耗方向发展。生产更小体积晶体管的重要方法之一是在光刻中使用波长更短的光。最新转变是从 193 nm 到 248 nm 的深紫外光 (DUV) 转变为仅 13.5 nm 的极紫外光 (EUV)。[1] 有效生成极紫外光的方法极为有限，其中最为有效的方法是由二氧化碳 (CO_2) 激光器泵浦激光锡等离子体 (LPP) 发射产生。

虽然许多基本工程问题已经解决，但这些等离子体发射所需波长光效率较低；此外，光发射之后难以在较低系统能耗下进行操纵。这要求为等离子体提供充足能量，以提高晶片处理速度——系统红外泵浦平均输入功率通常超过 20 kW，脉冲能量高达 1 J，脉冲持续时间短至 10 ns——这种要求在传统激光器应用中极为少见。

有一些平均输出功率符合要求的 CO_2 激光器可以使用，但需要转换产生所需脉冲波形，这进一步导致效率低下。在实际应用中，需要为 LPP 极紫外光 (EUV) 系统采用两个或多个大功率输出多工技术。此类激光器面临的一项挑战是传统光学材料解决方案功率不足或寿命过短。此外，等离子体周围环境中碎屑量大，这进一步限制了传统材料的性能。

金刚石属性

金刚石早就以其优良性能而闻名，其属性主要是轻碳原子通过极强化学键连接形成对称立方晶格的结果。金刚石的早期应用主要是利用其超高硬度的机械应用，但也有利用其传感、热力学或半导体属性的应用。早在 1978 年，金刚石就已经应用于光学器件中。例如，由于金刚石具有较宽的透明范围（见图 1）以及优良的机械特性，先锋号宇宙飞船就采用了金刚石作为红外 (IR) 分光仪窗口。[2] 但天然金刚石的尺寸通常不符合光学应用需要，质量一致性也无法

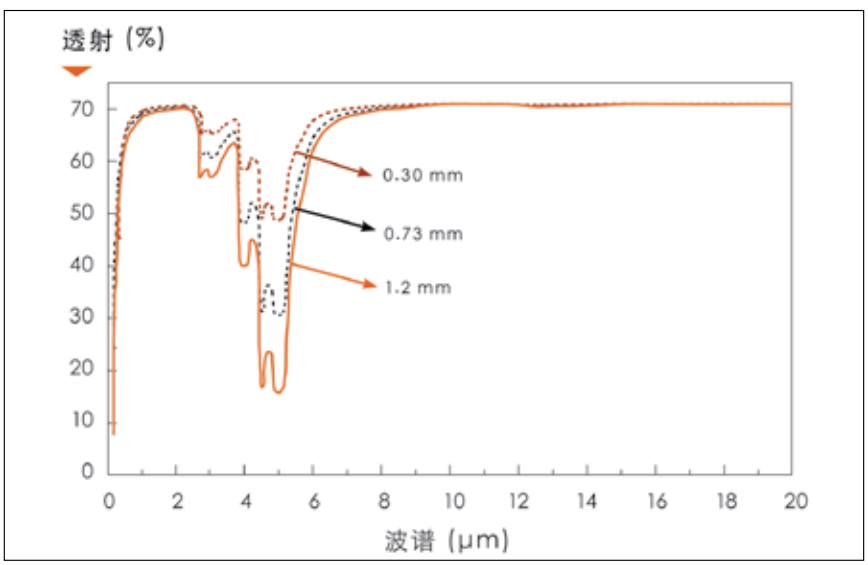


图 1：三种不同厚度的光学级金刚石的透射光谱。

MWCS
METALWORKING AND CNC MACHINE TOOL SHOW

亚洲领先金属板材加工展

2014年11月4-8日
上海新国际博览中心

- 30,000平方米超大展出面积
- 专业观众达110,000人次
- 同期配套箱体箱柜、电力电工等应用行业展会

www.metalworkingchina.com
欢迎垂询：021-5045 6700-222/284

THE SMW MEETING

同期举办国内针对金属板材加工的专业论坛
-2014钣金加工技术峰会

上届赞助商

大族激光 HAN'S LASER
TRUMPF
AMADA
MATE
BLM GROUP
Flow
IPG

weibo.com/mwcs

Deutsche Messe
FIERA MILANO
东浩集团 EAST BEST GROUP

Connecting Global Competence

Messe München International

SOLUTIONS IN LIGHT



扫一扫，加微信！

四大展区：激光生产与加工技术　激光器与光电子
光学与光学制造　成像，检测和质量控制

展位预定，先到先得！+86-21-20205500*887

2015年3月17-19日
上海新国际博览中心N1、N2、N3馆

中国光学行业最佳展示平台

10th ANNIVERSARY 2006-2015

www.photonicschina.cn

慕尼黑上海光博会
World of LASER PHOTONICS CHINA

表1

金刚石和硒化锌的物理属性

	CVD金刚石（光学级）	硒化锌
热传导性 (W/mk)	>2000	17
断裂应力 (MPa)	350	50
典型的激光窗口厚度 (mm)	0.7	4
吸收系数 @ 10.6 μm (cm^{-1})	0.05	0.0005
热膨胀系数 (ppm @ 300 k)	1.0	7.1
努氏硬度 (GPa)	90	1

达到工程解决方案的要求。

要研究金刚石对 LPP EUV 应用的价值，列出大功率光束的关键规格很有帮助：1) 低吸收系数；2) 高断裂强度；3) 高导热性以及 4) 低热膨胀系数 (CTE)。表 1 中比较了金刚石与常用红外光学材料硒化锌 (ZnSe) 的一些物理特性。

低吸收对于最大程度减少光学器件发热以及整个系统光学损耗发挥着重要作用。金刚石具有 5.45 eV 的宽能带隙，即金刚石短波截止约为 230 nm，同时共价键接合的对称性，使金刚石在微波区具有良好的透明度。因此，金刚石在较宽的波长范围内具有出色的透射性，其中包括许多用于为 EUV 系统供能的关键波长。[3] 当然，应注意所采用的是多晶金刚石。在许多光学材料中，光学器件的多晶特性会限制其使用；但金刚石的立方结构能最大程度地减小薄膜中多晶取向对性能的影响。

金刚石的第二个关键特性是其高断裂强度。当光学器件作为不同压力物质之间的分离器时，断裂强度尤为重要。设计安全承受压力的金刚石窗口比类似硒化锌 (ZnSe) 窗口薄 4 倍。更高的断裂强度能够明显降低系统吸收，减小金刚石窗口比其他传统材料窗口略高的吸收系数。[4]

系统的下一个关键参数是导热性能。窗口吸收的所有能量必须迅速移出以使系统冷却，从而最大程度降低通过热透镜效应或光学材料断裂导致功率损耗的窗口最高温度。此热量不仅来自于大部分窗口材料，还来自于吸收系数高于窗口本身的涂层。因此，良好导热性能的实际重要性高于低吸收。在此方面，金刚石性能出色；化学键刚度以及碳原子重量使晶格具有极高的振动频率和 2220 K 德拜温度。由于应用通常远低于此温度，声子散射效应极小。金刚石是室温下导热性能最高的固体材料，超过 2000 W/m K，比主要竞争材料高两个数量级（见图 2）。

最后，金刚石低热膨胀系数对于光学工程师来说非常有用。即使金刚石窗口确实产生一些发热，低热膨胀系数也能确保窗口不会产生明显的变形，最大程度地减小热透镜效应，从而大幅提高光束质量，因此比竞争材料更具优势。

合成金刚石

先锋号宇宙飞船中使用的天然金刚石显然不是大部分光学工程师所需

卓立现在 着眼未来
http://www.zolix.com.cn
精密位移解决方案



高稳定工业专用调整架

精密隔振光学平台

优质光学元件

Zolix 卓立汉光
地址：北京市通州区金桥产业基地 环科中路16号联东U谷中试区68号B座
电话：010 56370168 传真：010 56370118
邮箱：info@zolix.com.cn 邮编：101102
网址：http://www.zolix.com.cn

的解决方案。50 多年来，合成金刚石采用模拟天然石墨转化为金刚石天然环境的高压高温 (HPHT) 技术制造。大部分商业高压高温 (HPHT) 材料缺陷率较高，例如标准器件晶格中氮（金刚石中的常见杂质）含量通常超过 50 ppm，这会增加特定范围波长的吸收率。因此，商业高压高温 (HPHT) 材料多用于利用金刚石极高硬度和抗磨损性能的应用中。

另一种制造多晶和单晶金刚石的方法是化学气相沉淀 (CVD)，该方法实现商业化已有 15 年之久。在此工艺中，将加入一定百分比的气相碳的氢加入生成工具中，并使用微波加热至高于 2000 K 的温度分离原料气。这样形成生成金刚石层的活性碳，同时也在生成表面形成氢基流，后者可稳定金刚石生成并蚀刻掉形成的杂质。严格的工艺条件控制，加上精密的原料气控制以及良好的系统设计，可生成纯度极高的金刚石，例如单晶金刚石中测得的背景氮缺陷水平小于 0.005 ppm。

单晶和多晶光学窗口均采用此技术制成。截至目前，最先进的光学级多晶窗口直径可达 130 mm，厚度超过 2 mm。这些多晶窗口生成表面的金刚石晶粒体积通常约为 100 μm，氮含量低于 0.1 ppm，硼含量低于 0.005 ppm。对于红外光学应用来说最重要的是，10.6 μm 吸收系数低于 0.07 cm^{-1}，而其晶核形成表面断裂强度超过 800 MPa，室温热传导率超过 2000 W/mK。[5]

用于材料加工的金刚石

如上所述，光学级合成金刚石并非新型材料，作为大功率激光器窗口材料出售已有 20 年之久，目前已经是用于标记、焊接和切割金属等应用激光器系统的常用材料。[6] 极有可能我们都拥有使用合成金刚石窗 CO_2 激光器切割的物品，特别是汽车用品。

窗口也是微电子制造的关键部件。微电子行业中采用数百部激光器系统生产电路结构，这是无法利用其他方法可以轻易完成的。它们甚至还是制造可再生能源应用中的太阳能电池板和电池的关键部件。重点在于这些窗口是类似于其他光学材料的工程材料，可对其进行优化并根据规格重复生产。

EUV 光刻金刚石创新

光学级金刚石是唯一支持能提高 EUV 光刻系统产量所需大输入功率的材料。实际上，借助精良设计和专用涂层以及冷却，现有材料足以形成可以无故障处理平均功率高达 50 kW 的窗口。

EUV 的另一项挑战是对光学元件质量有极高的要求，以便最大程度减少波前畸变和光束质量损耗。采用金刚石制成的典型 CO_2 激光器，输出耦合器平整度约为 1~2λ (λ=633 nm)；但 EUV 系统元件要求较大窗口中平整度规格为 λ/2，一些反射光学器件可能要求 λ/30，这对加工此类坚硬化学惰性材料来说是一项重大挑战。元素六最近制造孔径为 47 mm 平整度超过 λ/20 的窗口，同时拥有扩大尺寸的方法。

虽然在过去 20 年中光学级合成金刚石一直是大功率红外激光器（特别是 10.6 μm）开发的关注重点，但应注意推动下一代晶体管按摩尔定律发展、以达到我们对数据和数据处理性能的要求，为合成金刚石提供了前所未有的新机遇和挑战。利用金刚石极致性能的应用领域日益增多，已经使产能迅速增长，元素六最近就将英国和美国的产能提高了 50%。❑

参考文献

1. 《光刻 EUV 光源》，Vivek Bakshi 编辑，国际光学工程学会出版专著，PM149 (2006)。
2. 《天然与合成金刚石属性》，J. E. Field 编辑，英国伦敦学术出版社，(1992)。
3. 《金刚石光学工程》，Richard P. Mildren 与 James R. Rabeau 编辑，德国魏恩海姆 Wiley-VCH Verlag GmbH，(2013).
4. C. S. J. Pickles，《直径、关系、材料》，11, 12, 1913–1922 (2002)。
5. J. M. Dodson 等，《适用于高要求光学应用的单晶和多晶 CVD 金刚石》，国际光学工程学会会议记录，8016 (2011)。
6. D. H. Douglas-Hamilton 等，《采用金刚石作为大功率激光器窗口》，J. Opt. Soc. Am.，64, 1, 36–38 (1974)。

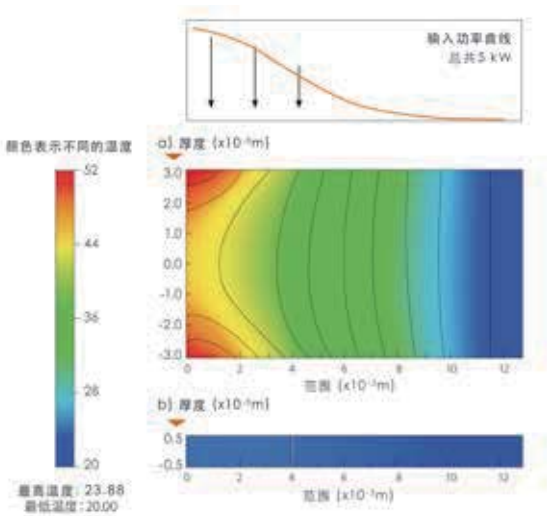


图 2：使用 5 kW 高斯光束穿透窗口时两种窗口材料的温度曲线：a)硒化锌 (ZnSe) 和b）光学级金刚石。

贰陆公司可变曲率半径反射镜

贰陆公司的可变曲率半径反射镜(VRM)允许用户随时动态改变光束的特性。用户可以通过水压控制VRM的曲率半径，以调整激光光束的发散特性。



VRM可以在光束穿透材料时调整聚焦深度，从而使切割速度得到优化。飞铣光学系统制造商可以利用VRM，对工作台的焦距变化作出补偿。VRM专门用于入射角接近于平面的场合。许多激光切割系统使用两个反射镜作为望远镜光学元件。该望远镜是由一个凸面镜和一个凹面镜组成的。如果用VRM替换这些反射镜，可集上述所有优点于一身。

要控制VRM的压力，至少有两种方法，而且，采用这些方法的结果是使反射镜面半径也得到了控制。贰陆公司可以为光束传输系统设计自适应反射镜。

贰陆公司，www.iiviinfrared.com.cn

高精度直线定位平台

小巧紧凑的MPS75SLE高性能直线定位平台，具有平稳的行程和高负载能力，专为需要光学仪器、面形测量和需要高定位精度校准的生产和科研应用而设计。



其精密研磨、预负载滚珠丝杠和线性编码器，提供优异的准确度、可重复性和高达25 nm的定位精度。防返交叉滚柱轴承提供平稳的行程和高负载能力。

该平台具有低热膨胀(3.3 ppm/℃)精密玻璃刻度，保证了长时间的高精度和高重复定位精度。提供带有高精度旋转编码器的直流伺服电机和步进电机选项。

主要应用领域包括：光学仪器、半导体制造、电子设备、实验室、测试与检测、激光加工、金属检测、激光微细加工、显微镜、医疗设备、钻石切割及包装等。

Aerotech，www.aerotech.com

凯普林光电推出绿光光纤耦合半导体激光器

凯普林光电推出的K520E03SN-0.005 W半导体激光器，输出波长520 nm，输出功率5 mW，采用芯径4 μm、0.13 NA的光纤输出。



该款单模绿光半导体激光器为引导光束提供了一个新选择，其可以进行单独同轴封装，也可以集成到其他激光器中。

凯普林光电，www.bwt-bj.com

Lumencor光引擎备有超过20,000小时的工作寿命

爱特蒙特光学推出全新Lumencor光引擎。这些功能强大的固态光源非常明亮且不含汞，同时无需任何预热时间和冷却时间，可提供各种照明解决方案。Lumencor光引擎具有超过20,000小时的预期工作寿命，可实现低购置成本。高能源效率，外加无需替换灯泡或光导的特点，使其能够大幅节省成本。

SOLA光引擎可生成380~680 nm光谱范围的连续白光，适用于各种生命科学应用，包括荧光显微镜。备有40~50 W/cm^{2}的强度范围，采用手动驱动方式，通过“on/off”开关启动；SOLA SE采用电子驱动方式，使用标准显微软件启动。

Spectra-X光引擎附有六个不同的可选光源，为那些需要功能强大、多功能、稳定、高效且可靠照明的应用提供广泛的光谱范围。



Spectra-X光引擎内有七个带通滤光片，每一种颜色的光源均各有一个滤光片，外加额外一个滤光片。额外的滤光片拔片与滤光片均为单独出售。

Lumencor光引擎备有适用于液态光导的3mm直径端口以提供额外的多功能性。范围准直器备有Leica、Nikon、Olympus和Zeiss兼容型号可供选择，以及适用于5 mm直径液态光导的转换器。Lumencor光引擎与附件均为现货供应并可立即交付，提供快速周转时间和卓越的价值。

Edmund Optics，www.edmundoptics.com

广告索引 Advertisers Index

www.laserfocusworld.com.cn

激光世界 LaserFocusWorld China

Advertiser	广告商名称	网址	页码
A & P Instrument Co., Ltd.	科艺仪器有限公司	www.anp.com.hk	27
Aerotech Inc.		www.aerotech.com	17
Amonics Ltd.		www.amonics.com.cn	4
BWT Beijing Ltd.	北京凯普林光电科技有限公司	www.bwt-bj.com	1
Berlin Partner Gmbh		www.photonics-bb.com	3
Castech Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	23
Changchun New Industries Optoelectronics Tech Co., Ltd.	长春新产业光电技术有限公司	www.cnilaser.com	21
DILAS Diodelaser China Co., Ltd.	南京德商帝纳斯激光有限公司	dilas.com.cn	24, 25
Edmund Optics Singapore Pte Ltd.		www.edmundoptics.cn/1-inch-FFL	19
Focuslight Technologies Co., Ltd.	西安炬光科技有限公司	www.focuslight.com.cn	15
LASER World of PHOTONICS CHINA 2015	2015慕尼黑上海光博会	www.photonicschina.cn	40
Mitsubishi Electric Automation (China) Ltd.	三菱电机自动化 (中国) 有限公司	http://cn.mitsubishielectric.com/fa/zh/	IFC
MWCS	数控机床与金属加工展	www.metalworkingchina.com	39
Nufern		www.nufern.com	5, 13
Ocean Optic (Shanghai) Co., Ltd.	蔚海光学仪器(上海)有限公司	www.oceanoptics.cn	BC
OSRAM Opto Semiconductors		www.osram-os.com/CN	7
OVC Expo	“中国光谷”国际光电子博览会暨论坛	www.ovcexpo.com.cn	31
PCO AG		www.pco.de www.pco-tech.com	11
Pinnacle Scientific (China) Corporation	顶尖科仪(中国)股份有限公司	www.psci.cn	37
Resolution Spectra Systems		www.resolutionspectra.com	9
Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.	深圳市瑞丰恒科技发展有限公司	www.rfhlasertech.com	28
Titan Electro-Optics Co., Ltd.	北京金先锋光电科技有限公司	www.teo.com.cn	2
Zolix Instruments Co., Ltd.	北京卓立汉光仪器有限公司	www.zolix.com.cn	41

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 Building,
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
Susan Smith
susans@pennwell.com

Editor in Chief
Conard Holton
cholton@pennwell.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

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

Shenzhen (深圳)
Jenny Li (李文娟)
jennyl@actintl.com.hk
Tel: 86 755 2598 8571

Beijing (北京)
Oasis Guo (郭镜园)
oasisg@actintl.com.hk
Tel: 86 10 6418 7252

Shanghai (上海)
Sales Director-China (中国区销售总监)
Hatter Yao (姚丽莹)
hattery@actintl.com.hk
Tel: 86 21 6251 1200

Asia (亚洲)

Japan (日本)
Masaki Mori
masaki.mori@ex-press.jp
Tel: 81-3-6721-9890

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)

UK, Ireland
Jim Ajayi
jima@pennwell.com
Tel : +44 (0)7534 294 950

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

US-West and Western Canada
Anne Marie St.John-Brooks
annemarie@pennwell.com
Tel: 510.606.0630

Europe & Middle East (欧洲及中东)

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

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



免费索阅

国际知名的机器视觉及影像处理杂志
《Vision Systems Design》的中文版

国际及中国机器视觉及影像处理系统领域的
技术、设计、应用和市场等诸多方面的最新发展动态。
2014年季度出版，印刷版超过8,000册，电子书发行数以倍数
网站及电子快讯亦将为读者提供及时资讯

欢迎垂询

www.vision-systems-china.com



ACT Media Group www.actintl.com.hk
电话：香港 852-28386298 深圳 86-755-25988571 上海 86-21-62511200 北京 86-10-64187252

Ocean Optics 海洋光学



光谱改善生活

Change the world for the better
through optical sensing

Mail: asiaoem@oceanoptics.com
Hotline: 400-623-2690