光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2019年5/6月 第3期
ISSN: 1817-6917

激光世界
LaserFocusWorld® China



自动晶圆级探测满足硅光子学的应用要求
24

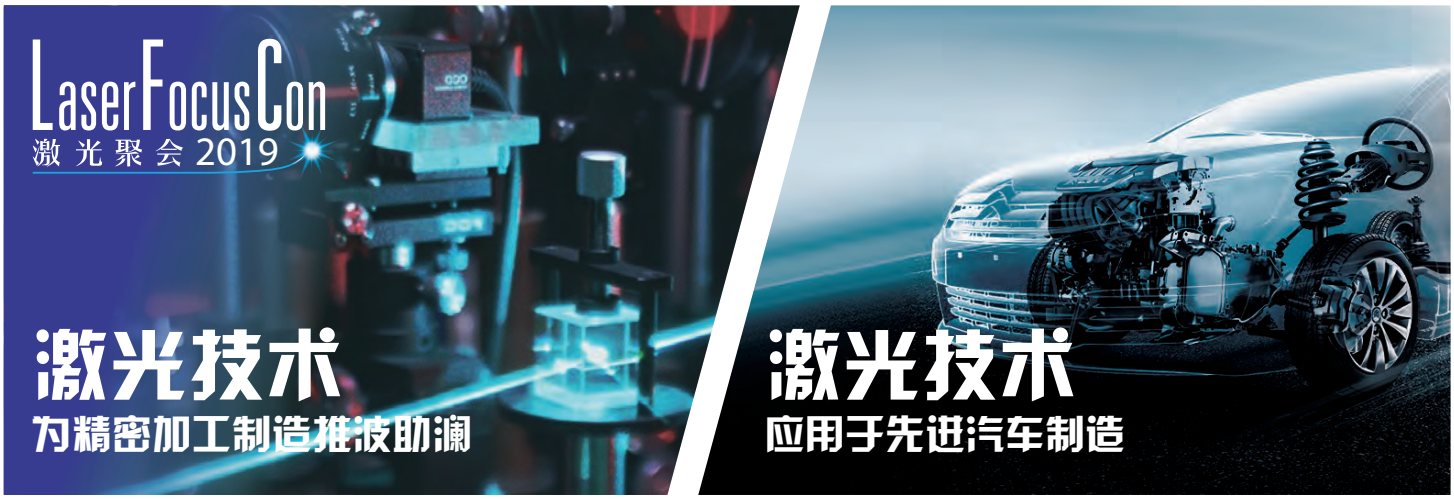
贸易、关税与动荡：中国激光器市场面临的新挑战 12

使用紫外皮秒激光器实现高质量柔性印刷电路加工 14

具备温度稳定性的超窄线宽布里渊光纤激光器 31

微信公众号

ACT PennWell



2019年6月21日(周五) 中国·苏州金鸡湖国际会议中心

激光技术为精密加工制造推波助澜

中国制造业正在经历高速发展的阶段。作为“上海工厂”的苏州，由于其优越的地理位置及国家的优惠政策等一系列条件，其经济一度进入全国前五，仅次于北上广深，世界五百强企业几乎都在苏州落户。其产业结构不断优化升级，苏州正在向更高的自动化水平、更加高速、精密、可靠的加工过程迈进，在这个升级演进的过程中，激光作为一种先进的加工工具，正扮演着不可或缺的角色，在各类材料的精密打标、切割、钻孔、焊接等应用中，都活跃着激光技术的身影。由雅时国际商讯（ACT International）与《激光世界》（Laser Focus World China）杂志主办的激光技术聚焦系列会议LaserFocus Con，2018年吸引了将近150家企业参与，听众人数超过200人，2019我们再度起航，于6月率先在苏州开场，与业界同人共话激光精密加工，为行业上下游打造更具针对性的对接平台而努力，敬请关注！

会议主题

- 非金属/脆性材料加工
- 激光精密加工市场分析
- 铜、铝等高反材料的精密加工
- 高功率半导体激光器的直接应用
- 超快激光微加工技术进展与市场
- 紫外激光的发展及在精密加工中的应用
- 蓝宝石/显示屏盖板/脆性材料的精密切割
- 具备在线质量监控的精密激光焊接及切割技术
- 高功率光纤激光器在精密加工领域的最新进展

激光技术应用于先进汽车制造

汽车制造是制造领域的一个关键产业，在经济发展中有着举足轻重的作用。随着全球乃至中国的制造业不断向更高水平发展，汽车制造工业也在采用新的加工技术以满足更严格的品质及可靠性要求，特别是激光技术的应用，以实现更先进的汽车制造流程。中国是全球第一大汽车市场，不但有着强大的汽车消费能力，同时也在汽车整车以及零部件的制造方面，活跃着大量国内外厂商。其中，长三角制造基地的核心圈，苏州，就分布着大量汽车零部件乃至整车制造企业。明显地，这些制造企业都需要先进的激光加工技术以成就他们的优质制造。

就此，雅时国际商讯将于6月21日在苏州举办的LaserFocusCon会议将增设“激光技术应用于先进汽车制造”的专题研讨会，为业界提供面对面链接机会，希望帮助双方达成互惠双赢的上下游合作。

会议主题

- 汽车用轻量化材料的激光加工
- 汽车制造中异质材料的激光焊接
- 智能制造环境中的激光切割技术
- 实时焊缝跟踪技术实现高质量焊接
- 激光熔覆技术在汽车工业中的应用
- 与机器人结合的先进激光加工系统
- 激光技术与新能源汽车动力电池制造

合作伙伴

德龙激光 DelphiLaser | Bellin Laser | TRUMPF | ACS MOTION CONTROL | IPG PHOTONICS | qunco | FEIBO | santec | PRECITEC | YSL安扬激光

会议咨询

姚丽莹 Hatter Yao 13917713422
李 歆 Amber Li 18201790167

主办单位：ACT

大会媒体：激光世界 LaserFocusWorld China

LFWC公众号

LFWC免费索阅



在光电仪器领域持续创新



841-PE-USB虚拟光功率/能量计

- 兼容 Windows XP/7/8/10 32 和 64 位
- 15 Hz模拟输出
- 单个 PC 上运行多个功率计



LIAD 锁相放大探测器

- 探测器内置锁相放大器
- 波长范围覆盖0.15 至 12 µm
- 功率测量低至300 fW



PEPS 功率、能量及位置探头

- 含标准热电堆探头的所有特点
- 精准追踪光束位置至0.15 mm
- 监测激光光斑大小

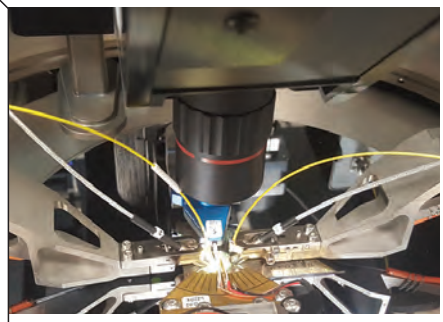


LBP2系列光束质量分析仪

- 相机兼容Windows 10 和 USB3.0
- 广泛的ISO 11145、11146-1/-3及13694测量
- 已获专利的Ultracal™算法可实现最高精度的测量

电话：400 799 8000　邮件：china@newport.com　网站：www.newport.com

mks | Newport®



24 封面故事

硅光子学

自动晶圆级探测满足硅光子学的应用要求

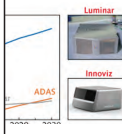
完全集成的自动化晶圆探测系统，使硅光子芯片设计人员能够比以往更快地表征和鉴定他们的设计。

市场风向标



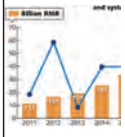
10 超快激光器正在向宏观加工领域迈进

研究人员已经从光纤激光器中获得了功率3.5kW的超快激光输出，并将建立应用实验室，利用多千瓦级超快激光器测试新的加工工艺。



11 全球激光器市场洞察与预测

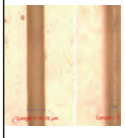
2018年整个激光行业重新回归典型的理性增长，医疗和传感应用市场快速增长，材料加工市场温和增长；预计2019年宏观材料加工市场依然温和增长，而微观材料加工市场将出现负增长。



12 贸易、关税与动荡：中国激光器市场面临的新挑战

2019年的中国激光行业面临新的挑战。但是所有这些问题都无法阻挡中国制造业向智能化发展的大趋势，中国将很快进入快速发展模式。

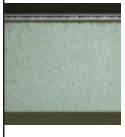
应用天地



14 超快微加工

使用紫外皮秒激光器实现高质量柔性印刷电路加工

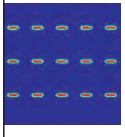
更短的相互作用时间和更浅的光穿透深度，可以实现烧蚀工艺的更精细的控制，实现更精细的加工精度，同时降低热效应。



16 玻璃切割

玻璃切割得益于激光技术的进步

制造行业对玻璃切割的需求越来越多，同时要求切割具有更高的精度、更高的速度、更大的灵活性、更低的环境影响和更低的成本。

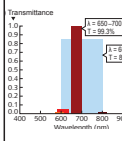


20 蓝光激光器

工业级蓝光激光器为反射性金属加工带来颠覆性改变

利用空间和偏振光学元件，将多个单一光束整合到一起，制成高功率工业级蓝光激光器。

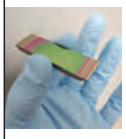
技术中心



28 激光微制造

在聚合物中激光写入柔性波导制造新型医疗设备

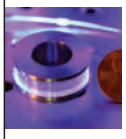
研究人员首次在生物医学中常用的透明硅胶——聚二甲基硅氧烷（PDMS）中制造了约1.3μm宽的柔性波导。



30 光束控制

非机械片上波导器件控制中红外光束

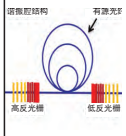
美国海军研究实验室的研究人员已设计了一种电压控制的非机械光束控制装置，可以在二维方向上传输中波长红外（MWIR或中红外）光束。



31 光纤激光器

具备温度稳定性的超窄线宽布里渊光纤激光器

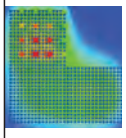
麻省理工学院林肯实验室的研究人员已经在能够提供内置温度稳定性的便携式封装中，实现了超窄线宽激光。



32 特种光纤

用于光纤激光器中的无源光纤

掌握各种核心的光纤设计、制备及测试技术，是实现高可靠性无源特种光纤的必备保障。



34 超快钻孔

超快激光技术每秒钻出12000个直径1μm的孔

研究人员在每秒钟内成功地钻出12000多个孔，每个孔的直径小于1μm。

访谈

36 立足自身特色，全面打造中国激光芯
——访长光华芯首席技术官兼常务副总王俊

38 通快千瓦级连续绿光激光器角逐电动汽车市场

商业论坛

40 全球光学与光子学行业薪资调查一览

6 编者的话
8 前沿简讯
42 产品撷英
44 广告索引

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 9,500 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。

扫一扫 免费下载电子书

VisionCon 2019
视觉系统设计技术会议

2019年6月21日

苏州金鸡湖国际会议中心

4 APR 成都 标准会议

6 JUN 苏州 超级会议
携手ACT 4 大会议，
打造 2000 人
“跨领域，拓商机”大会

11 NOV 深圳 标准会议



从“制造”到“智造”
机器视觉——不可或缺的关键技术

中国制造业正处于从“制造”向“智造”转型升级的快速发展时期，随着技术的发展和人工红利的消失，中国制造业必须由传统型工厂向着高度自动化的智慧型工厂进行转变，在机器取代人工的演进过程中，机器视觉技术无疑将起到关键的作用。

凭借二十年深耕电高科技行业的强大媒体资源以及十余年专业办会的成功经验，由雅时国际商讯（ACT International）主办，《视觉系统设计》（Vision Systems Design China）杂志为官方媒体，致力于推动行业发展的VisionCon视觉系统设计技术会议，从2016年开始每年在全国精选城市巡回举办。经过持续良好的企业参与互动，已经发展成为业内领先的价值服务平台。踏入2019年，VisionCon继续努力，向各行各业及时传递最先进的机器视觉技术和解决方案。首选确定的三个会议地区——成都、苏州和深圳，是中国制造业的重要聚集地区，3C电子制造业、汽车制造业的核心基地，也是产业转型升级过程中迫切需要部署高度智能化的解决方案的地区。通过会前对行业企业的充分调研与沟通，VisionCon2019将呈现人气旺盛、高效而又有价值的高端技术行业盛会。

6月21日，VisionCon2019将登陆苏州，期待与各界同仁齐聚江南姑苏，共同探讨在智能制造中不可或缺的机器视觉技术。

主办单位 ACT　　大会媒体 视觉系统设计 Vision Systems China

精彩议程（部分）

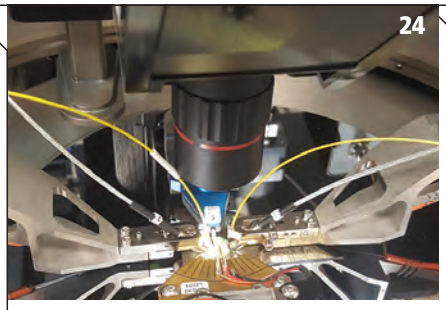
- 实时在线3D视觉解决方案
- 视觉技术在物流及包装领域的应用
- 新颖的镜头技术及打光技巧
- 机器视觉在现代智慧型工厂中的部署
- 嵌入式视觉系统的开发及应用
- 偏振成像技术及其在生产线中的应用
- 视觉引导的机器人及应用场景
- 深度学习在3C电子产品缺陷检测中的应用

会议报名

会议咨询　86-21-62511200

姚丽莹 (Hatter Yao)
hattery@actintl.com.hk

彭　珊 (Sophie Peng)
SophieP@actintl.com.hk



COVER STORY

Silicon Photonics

Automated wafer-level probing meets silicon photonics

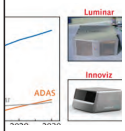
Fully integrated and automated wafer-probing systems enable silicon photonic chip designers to characterize and qualify their designs faster than ever.

MARKET WATCH



10 Ultrafast lasers are moving towards macro-processing field

Researchers have obtained 3.5 kW ultrafast laser output from fiber lasers, and ultrafast lasers are moving towards the field of macro-processing.



11 Global laser markets: Insights and forecasts

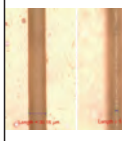
Macro-material processing market will still grow moderately in 2019, while the micro-material processing market will show negative growth.



12 Trade, tariffs and tumult: New challenges for lasers in China

Although facing new challenges in 2019, however, all these won't stop the intelligent manufacturing trend in China, and China will soon usher in rapid development.

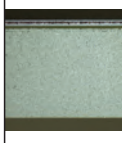
APPLICATIONS



14 Ultrafast Laser Micromachining

High quality flex printed circuit (FPC) processing with UV picosecond lasers

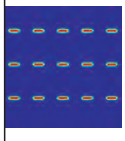
IceFyre laser's TimeShift ps feature allows for tailoring the quality and throughput for various laser machining processes.



16 Glass Cutting

Glass cutting benefits from advances in laser technology

SmartCleave filamentation cutting and femtosecond cutting of layered substrates are bring glass cutting to a new technological level.



20 Blue lasers

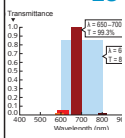
Industrial blue laser brings revolutionary changes to reflective metal processing

High power industrial blue lasers have brought subversive progress to the processing of reflective metal materials such as copper.

40 BUSINESS FORUM

A salary survey glance of global optics and photonics industry

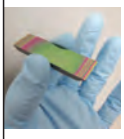
TECHNOLOGIES CENTER



28 Laser Microfabrication

Laser-written flexible waveguide in polymer could spawn new medical devices

Researchers have for the first time fabricated flexible waveguides about 1.3 μm wide in polydimethylsiloxane, a clear silicone used for biomedical applications.



30 Beams Control

Nonmechanical on-chip waveguide device steers mid-infrared beams

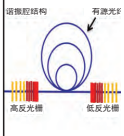
Researchers have devised a voltage-controlled, nonmechanical beam steering device that routes mid-wavelength infrared (MWIR or mid-IR) beams in two dimensions.



31 Fiber Lasers

Ultranarrow Brillouin fiber laser has built-in temperature stability

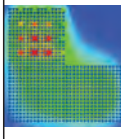
Researchers from MIT Lincoln Laboratory have achieved ultranarrow linewidth lasing in a portable package that provides built-in temperature stability.



32 Special Optical Fibers

Passive fiber for fiber lasers

To master the core design, fabrication and testing technology of various optical fibers is the necessary guarantee for achieving high reliability of passive special optical fibers.



34 Ultrafast-laser Drilling

Ultrafast-laser technology drills 12,000 holes per second with 1 μm diameter

Researchers have already managed to produce over 12,000 holes per second, each with an outlet diameter of under 1μm.

INTERVIEWS

36 Building China's core laser chips based on its own characteristics

Interview Wang Jun, CTO and Executive Vice-President from Everbright Photonics

38 Trumpf introduces KW CW green laser for electric vehicle market

6 EDITOR'S NOTES
8 LEADING EDGE SNAPSHOTS
42 PRODUCTS HIGHLIGHTS
44 AD INDEX

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 9,500 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.



三重检测下，必明察秋毫

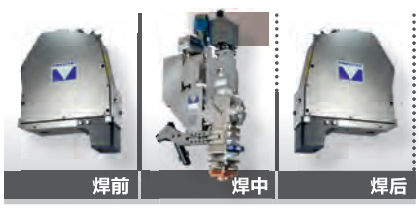
我们对您的激光焊接过程进行全面质量管理

PRECITEC

MADE IN **GERMANY**

普雷茨特高品质的激光焊接产品可完美协调及优化焊前、焊中、焊后的焊接工艺，提高焊接过程的稳定性以及生产节拍。

焊前，**WeldMasterTrack**检测焊缝的位置；焊中，**WeldMaster Scan&Track** 会在整个焊接过程中精确地监控焊缝位置；焊后，**WeldMaster Inspect**根据质量标准来检测焊缝质量。



普雷茨特 激光焊接精益之道

欢迎莅临普雷茨特AMTS展台
展位号：W4-E08
2019.7.3-7.6

凭此广告至普雷茨特展台可获赠精美小礼品一份

登录网页或关注微信公众号了解更多详情！
www.precitec.de/en/products

www.precitec.com

工业加工级的绿光 & 蓝光 & 超快激光源

铜以其出色导电性、导热性、耐蚀性、可塑性好等性能特点，广泛应用于各类产品中，特别是在电子产品制造和汽车制造中，铜更是不可或缺的关键材料，尤其随着电动汽车的快速发展，对铜的需求量将大幅增加。

随着制造工艺越来越先进，激光已经是普遍应用的一种高端加工工具，用于切割、焊接、钻孔、表面处理等工艺。但众所周知的是，很难用目前工业加工中常用的红外激光加工铜，特别是最为常见的铜焊接，因为铜对红外光的吸收极低，并且整个过程很难控制。因此，迫切需要高功率的工业级绿光激光器或是蓝光激光器，来实现高效、高质量的铜焊接。

迫切大量的应用需求，有助于驱动技术快速发展。在今年 3 月的上海慕尼黑光博会上，通快带来了好消息——全球首发千瓦级连续绿光激光器 TruDisk1020，为电动汽车制造中的铜焊接提供了新利器。这款碟片式绿光激光器凭借 1kW 的连续功率输出和高光束质量，实现了铜的热传导焊接和深熔焊，焊接过程可靠、稳定，基本无飞溅物产生，焊缝质量极高，并且焊接速度快。可以说，它为铜焊接带来了一次飞跃性的进步。

除了绿光激光器外，蓝光激光器也有好消息。铜对蓝光的吸收率大约超过 60%，比对绿光的吸收还要高一些，但是一直没用适用于工业加工的高功率蓝光激光器。最近，Nuburu 公司推出了功率达 500W 的蓝光半导体激光器，能够实现铜焊接以及异质金属的焊接，如焊接铜和镀镍钢，焊缝平滑整洁，无飞溅。并且通过简单的参数调节，就可以实现不同的焊接。这种工业级蓝光半导体激光器的出现，也将会扩展出很多新的激光应用，甚至有些应用我们现在还想象不到 (p20)。

随着制造业不断向高端精密水平发展，超快激光在实际工业制造中的应用也在增多。Newport 公司的紫外皮秒激光器，在柔性印刷电路材料加工中发挥了重要作用。这些材料包括聚酰亚胺基保护膜、铜 / 液晶聚合物 / 铜层压板、液晶聚合物等，紫外皮秒激光器用于这些材料的精密划刻和切割等 (p14)。相干公司的新一代工业级飞秒激光器，在玻璃切割中表现出色，实现了整洁、近乎平滑的切割面质量 (p12)。最近，德国弗劳恩霍夫激光技术研究所的一个团队又将超快微加工进一步拓展到了新高度，他们利用新开发的多光束系统，在金属薄膜上每秒钟钻出了 12000 个直径小于 1μm 的微孔。目前他们正在研究如何在不损失钻孔质量的情况下，将钻孔速度提升到每秒钟钻出 20000 个孔 (p34)。

超快技术在宏观加工领域的应用也有所进展。弗劳恩霍夫学会正在开展一项有望实现颠覆性的项目，他们希望将超快激光器的功率提高到目前用于切割和焊接的连续激光器的水平，从而将超快激光器的应用从微加工向宏加工拓展。研究人员正计划在今年晚些时候建立应用实验室，测试超快激光器在宏加工中的应用。

另外，本期内容中还包含了一篇全球光学与光子学行业薪资调查一览 (p40)，希望读者感兴趣。❑

本刊编辑部

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
记者 胡婴 Lily Hu
电邮 lilyh@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 John Lewis
电话 (1) 603-891-9320
电邮 johnml@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
© 2019 版权所有 翻印必究

Bellin Laser

LASER World of PHOTONICS 2019.6.24-27 慕尼黑新国际博览中心

欢迎莅临贝林激光展位：B2 561-2

IR MAX 75W | GR MAX 45W | UV MAX 30W

「脉宽 <15ps」

「DPSS固体皮秒激光器」

「超过800台皮秒激光器销售及应用」

「应用领域：5G、半导体、显示、医疗等」

工业级皮秒激光器



敬请关注微信公众号

飞秒 | 红外 20W | 50W | 100W

皮秒 | 紫外 10W | 15W | 30W
绿光 5W | 15W | 30W | 45W
红外 2W | 10W | 30W | 50W | 75W

纳秒 | 紫外 ≤1W | 3W | 5W | 8W | 10W | 12W | 15W
绿光 5W | 12W | 25W
红外 定制

苏州贝林激光有限公司（联系方式）

苏州工业园区苏虹中路77号 0512-87773416 www.bellinlaser.com

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

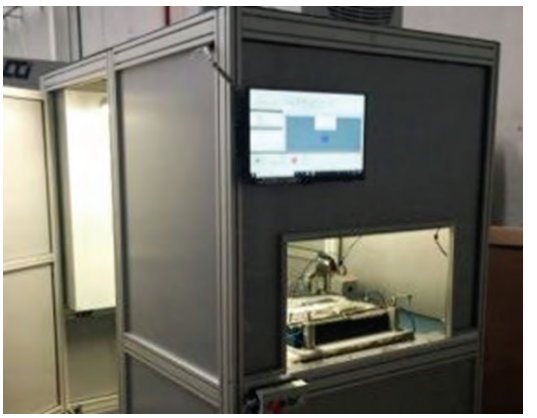
用于塑料和金属表面加工的激光微纹理系统

西班牙塑料技术中心启动了一项“激光微纹理系统”研发项目，目的是生产集美学设计和先进功能于一身的塑料零件。

该项目的目的是为塑料零件提供特殊的性能，例如允许光以选择性和均匀的方式通过、加工零半径的模具镶件，或为所需区域提供抗凝结或疏水性能。该技术也可用于学术或研究领域，同时研究人员也在实验中寻找更多应用。

Andaltec 公司已经利用这项先进的技术服务，帮助客户提高他们的生产效率。未来，西班牙塑料技术中心希望 Andaltec 公司能继续开发成果，连续生产和销售采用这项新技术的设备。

由于西班牙塑料技术中心参与了该领域的一些重要国际研发项目，因此“激光微纹理系统”项目已被列入 Andaltec 公司的工业激光工艺专业计划。Andaltec 公司近年来已经具备了激光切割、焊接和微观结构等技术能力，尤其是在汽车和食品包装行业。



Andaltec 公司致力于切割和焊接技术，甚至能焊接不同熔点、不同性质的材料，例如使用激光焊接塑料和金属。

Andaltec 公司参与的另一个欧洲项目是 Essial，该项目专注于开发新的工业工艺，用激光连接金属结构。负责该项目的财团目前正在研究先进的制造工艺，以提高电力转换器中磁路的性能和功能；该项目一直持续到 2021 年，由 Horizon 2020 欧洲计划资助。Andaltec 公司还在开发利用激光技术进行热成型零件切割的设备。这种技术可以快速、准确地切割复杂的零件，并在零件上留下不易磨损的边缘。❑

利用 UV DPSS 激光器钻出直径 1μm 的出口孔

美国 Bold Laser Automation 公司利用工业生产级 UV DPSS 激光器开发出了一种激光钻孔工艺，最终钻出了直径约 1.0μm 的微型出口孔，用于雾化喷嘴的生产。这些雾化喷嘴可用于雾化各种液体，包括雾化用于肺部治疗的药物、诊断试剂、水和香水等。

Bold Laser Automation 公司首席执行官 ToddLizotte 表示：“使用 UV DPSS 激光器、光束整形装置和由 Sill Optics 公司开发的透镜，帮助我们获得了出色的钻孔质量。这些直径为 1.0μm 的小孔是在厚度为 25μm 的聚酰亚胺薄膜上加工出来的，聚酰亚胺薄膜本身的晶粒结构允许实现精密钻孔。”

该公司已经测试了这项钻孔工艺，并发现与基于准分子激光器的加工工艺相比，UV DPSS 激光器加工出的喷嘴具有相同的质量和生产一致性。UV DPSS 激光器的使用，为在一次性消费品生产领域部署这项钻孔技术提供了新机会，尤其是在包装市场。

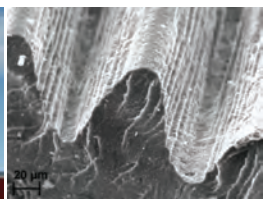
Bold Laser Automation 公司是一家激光系统集成商，提供标准化和定制的激光系统，并专门为工作车间、试生产和大批量生产客户配置相关的自动化系统。目前，该公司正致力于提供满足质量、成本和生产效率等目标要求的工业激光解决方案，同时也在努力为操作此类设备的人员提供最高级别的健康和安全使用环境。❑

激光表面纹理加工帮助飞机节省燃料

德国 4JET 公司与航空涂料供应商 Mankiewicz 公司正在联手开发一种激光表面处理工艺，该工艺可以在喷有涂层的飞机表面上自动产生节省燃油的表面纹理。激光增强气流（LEAF）技术利用激光干涉图样原理，在飞机涂层的最上层快速形成精细的脊形纹理结构。

这些脊形纹理结构有助于降低飞机的飞行阻力，能够帮助商业长途航空公司节省超过 1% 的燃油消耗，这相当于每年节约 1500 亿美元的全球燃油总开支。





事实证明，使用涂层去除激光器因为速度太慢，因此无法产生达到“鲨鱼皮”效果所需要的高密度表面纹理。然而，4JET 公司并没有使用聚焦激光点“一行一行”地加工出脊形纹理结构，而是找到了一种新方法，其利用激光干涉图样原理，将加工速度提高了大约 500 倍。激光束在加工表面上分离与复合，使得光波的电场振荡以可控的方式叠加。这种叠加在一个激光点内产生了几十条交替等距线的独特图案。这种方法能在不到一分钟的时间内，加工出 15km 长的脊形结构，相当于大约 1m^2 的脊形表面。

激光增强气流工作起来没有任何消耗品，并且允许调整脊形纹理的几何结构，具体结构的调整取决于它们在飞机上的位置。在整个加工过程中产生的涂料粉尘和蒸汽被抽走，加工过程不需要任何后处理。该技术可以处理弯曲或铆接表面，并且可以与现有的“用于在飞机维修中去除或喷涂涂料的”机器人集成在一起。

目前，两家公司正在联合开发用于飞机的 LEAF 技术，并准备在未来几年内将其商业化。Mankiewicz 公司将以其对涂料化学和航空要求的深刻理解来支持这一项目，而 4JET 公司则会重点开发激光工艺和脊形纹理成形系统。□

光学引领未来



新品

TECHSPEC®

λ/10 超低反射率窗口片

- 反射率<0.1% 的激光谱线镀膜
- Nd:YAG 和 Yb:YAG 波长选项
- 采用表面质量 10-5 的基片

爱特蒙特光学(深圳)有限公司
中国深圳市龙华工业东路
利金城科技工业园3栋5楼，518109
Tel: +86 (0755) 2967 5435 Email: chinasales@edmundoptics.cn

Edmund optics | china

欲了解更多信息，请点击此处:
www.edmundoptics.cn/059-8619

超快激光器正在向宏观加工领域迈进

文/Andreas Thoss

你还记那些复杂的超快激光器装置和很难对准的研究系统吗？然而在过去的二十年中，超快激光技术取得了令人难以置信的进展。正如 Amplitude Systèmes 公司总裁兼 CEO Eric Mottay 在今年的 UKP 研讨会上所言，超快激光器的输出功率已经增长了 1000 倍，最为重要的是，它们已经演变成了更加易于使用的工业级一体机。现在是时候可以把它们集成到各种机器中了。



图1：德国弗劳恩霍夫激光技术研究所所长Reinhart Poprawe，一直在为他的数字光子生产愿景而努力工作。（来源：弗劳恩霍夫ILT）

在德国亚琛举办的 UKP 研讨会是一个小型专家会议，专注于探讨超快激光器的工业应用。UKP 是德语“Ultrakurzpuls”的缩写，即超短脉冲。UKP 研讨会每两年举办一次，2019 年的会议吸引了来自 14 个国家的 170 名参与者。为期两天的会议，主要探讨超快激光技术的最新发展及应用。

有人可能会认为，关于超快激光器的所有问题早已讨论过，但是去年，弗劳恩霍夫学会的研究人员宣布了他们的卓越集群“先进光子源”——它可能是一个颠覆性的项目。正如该项目的一位发言人 Dieter Hoffmann 所证实的那样，他们希望将超快激光器的功率提高到目前用于切割和焊接的连续波（CW）激光器的水平。换句话说就是，超快激光器将走向宏观加工领域！

在这件事上，他们是认真的。他们从光纤激光器系统中产生 3.5kW 的功率输出后，最近又从板条激光系统中产生了功率 500W、脉宽 30fs 的输出。研究人员希望在今年晚些时候在德国亚琛和耶拿建立两个应用实验室，用他们的多千瓦级激光器测试新的工艺技术。

UKP 研讨会只是简单地谈到了哪些应用真正需要功率达数千瓦的超快激光。目前已经有了第一批应用，这些应用显然可以很好地通过高功率超快激光器来实现。

激光机床公司 Schepers 的 Stephan Brüning 举了一个例子。他使用一台 500W 的超快激光器来处理印刷滚筒。几年前，他使用四个单独的激光器来提高效率；但现在，他利用新系统将单一的高功率光束分成了 16 个光束，每个光束都由声光调制器控制。对于 1:16 的分束，他使用的是衍射光学元件。同样，弗劳恩霍夫 ILT 的 Oskar Hofmann 也已经使用相同的技术，从一个光源中产生了近 200 个相同的光束。这里的主要挑战是在不引入空间畸变的情况下，使所有这些光束通过光学元件。

用于数字生产系统的超快激光器

弗劳恩霍夫激光技术研究所所长 Reinhart Poprawe，

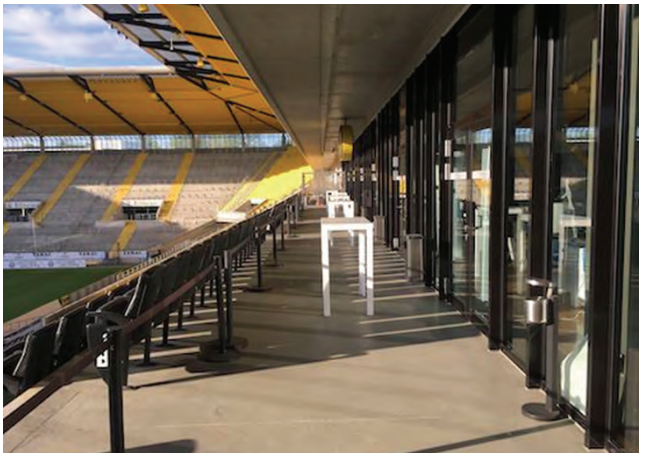


图2：2019年的UKP研讨会是在德国亚琛的一个足球队的休息室举办的，但是本次活动已经超出了休息室的范围，预计2021年4月21-22日举办的下一次UKP研讨会，很可能会移师到更大的场所。（来源：弗劳恩霍夫ILT）

下转第15页

全球激光器市场洞察与预测

文/Allen Nogee，Strategies Unlimited

尽管2017年是许多激光技术领域获得空前增长的一年，但是2018年整个行业的增长速度将重新回归到一个更加典型的合理化增长率。

从宏观经济数据来看，2018年是美国经济增加相当不错的一年，GDP增长了2.9%（2017年增长2.3%）。2018年欧洲的GDP增长率仅为2.2%（2017年增长2.3%），工业生产增长率从2017年的3.8%降至2018年的1.1%。相比之下，2018年亚太地区的GDP增长为5.5%，中国的GDP增速从2017年的6.6%放缓至2018年的6.5%。

2018年爆发的中美关税冲突，已经引起了业界的普遍关注。在与许多激光公司交谈时发现，中美贸易战对他们的直接影响很小，甚至可以忽略不计；但是间接影响却不容小窥，中美贸易战导致市场被不确定性的氛围笼罩，这随之引发了人们对经济衰退的担忧。可能更重要的影响来自中国在基础设施建设方面的投资开始进入低迷状态，这无疑对投资决策产生了负面影响。中国消耗了全球约40%的激光器，中国更为谨慎的投资政策，加上中国生产的智能手机或汽车数量的减少，这些都对激光器的销售产生了直接的严重影响。

通过比较一些大公司（如Coherent、IPG Photonics和Trumpf）的季度财务数据不难发现，这些公司在2018年初增长强劲，但随后所有公司的收入都开始下滑。相应地，大多数激光公司的股价也都在2018年下半年开始下跌。同样，大族激光的股价也以类似方式下跌，因此经济下滑影响的不仅仅是美国公司。

2018年各个细分的激光应用市场发展得怎么样呢？激光医疗市场的增长最为强劲，其中用于牙科和美容的激光市场增长了13%，而眼科激光市场仅增长了2%。2018年，平板显示器业务尤其是OLED显示器增长良好。随着苹果公司在iPhoneX上使用OLED屏，其他手机制造商也纷纷跟随苹果的步伐，开始在手机中使用OLED屏。但是，由于OLED屏的成本相对较高（一个屏约110美元），这必然使整个手机的售价也随着OLED屏的使用而水涨船高，昂贵的售价带来的是销量的放缓，这意味着上游制造领域激光器订单的减少甚至是取消。

传感应用是目前增长最快的激光器市场。垂直腔面发射激光器（VCSEL）为这一领域带来了很多新的增长动力。同样是苹果公司，其在2017年加大了VCSEL的生产能力，此举对VCSEL市场的发展产生了巨大的积极影响。随后，VCSEL领域发生了几起并购事件：II-VI以32亿美元收购了Finisar；Lumentum以18亿美元收购了Oclaro；Trumpf收购了Philips Photonics。VCSEL可用于人脸识别、3D形状测量和接近感测中的红外（IR）照明。因此，VCSEL在智能手机、自动驾驶（LiDAR）和工业应用中拥有巨大的市场潜力(见图1)。

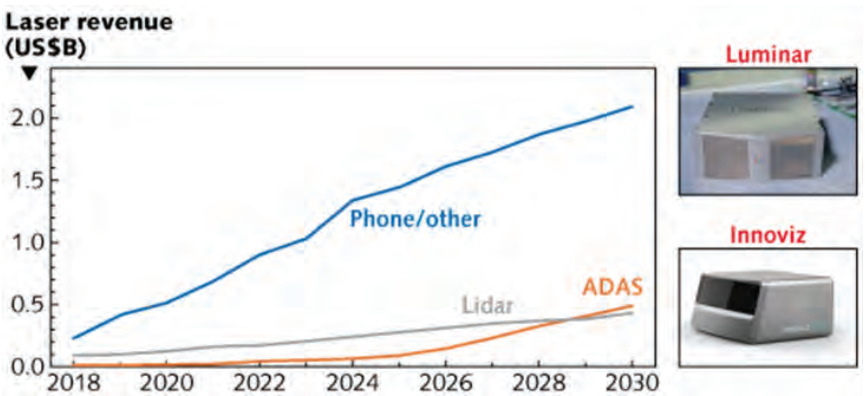


图1：在智能手机销售的推动下，未来几年VCSEL市场将会蓬勃发展；先进驾驶员辅助系统（ADAS）和激光雷达（LiDAR）正在获得更多的市场份额。（来源：Strategies Unlimited）

2018年，材料加工市场出现了大幅饱和。特别是宏观应用（即功率1kW以上的切割和焊接应用）在2017年实现了48.6%的惊人增长后，仅增长了3.7%。

2018年，整个激光器市场预计达到约135亿美元，即在2017年的优异业绩基础上增长5.3%，其中用于材料加工的千瓦级激光器温和增长4.8%，而用于传感器领域的激光器的增长率为28.9%。

下转第13页

贸易、关税与动荡：中国激光器市场面临的新挑战

文/LFW

2018 年，中国 GDP 达到 90 万亿元人民币（约 13.45 万亿美元），已经超过了整个欧元区 12.8 万亿美元的 GDP 总量。在可预见的未来，中国的 GDP 仍将在世界保持领先地位。2018 年，美国经济增长良好，GDP 达到了 20.5 万亿美元，占世界 GDP 的 24.2%。中国的份额为 15.8%，中美两国的 GDP 之和，大约占据了世界经济总量的 40%。这也从侧面表明两国处理好彼此之间的关系至关重要。

2018 年，中国经济增长正从第一季度的 6.8% 放缓至第四季度的 6.4%。2018 年，中国经济总量增长了 6.6%，仍然处在软着陆所需的 6%~7% 的范围内。中国经济放缓的原因有很多，其中一个原因是中国正从钢筋和混凝土经济向高科技生产转变；另一个原因是商业信心的下降和财政紧缩。与此同时，加之美国总统特朗普的一些不可预测的政策，这些因素综合在一起，增加了经济发展的不确定性，导致各项投资减少，人们都处在一种谨慎的观望状态。

从另一个角度来看，中国的高科技产业仍在增长：2018 年的总增长率为 11.7%，其中电动汽车行业增长 40%，高铁行业增长 183%。大多数这些高科技产业都要使用激光器，例如电池和汽车、智能电视、集成电路、激光雷达和 5G 无线技术。预计 5G 将会为全球市场带来 5 万亿美元的收入，这就不难理解为什么中美两国会为这个市场而开战了。

2018 年，中国的激光器和激光系统市场取得了积极发展。经历了 2017 年大幅增长近 30% 之后，预计 2018 年中国激光器和激光系统市场收入的增长将超过 20%，达到 600 亿元人民币（90 亿美元）。

在不同类型的激光器中，光纤激光器仍然是市场中的主流，其市场份额已经从 2016 年的 51% 发展到 2017 年的 55%、再到 2018 年的 60%。CO2 激光器的市场份额正在逐年下降，预计 2018 年将降至 7%（见图 1）。

增材制造（或 3D 打印）正在中国快速发展。2015 年、2016 年和 2017 年这三年，中国增材制造市场的增长率均超过 50%，到 2017 年市场规模已经达到 20 亿美元。这项技术可以被广泛应用，只是成本问题阻止了其应用的推广。同样，也是成本问题阻止了超快激光技术的广泛应用。

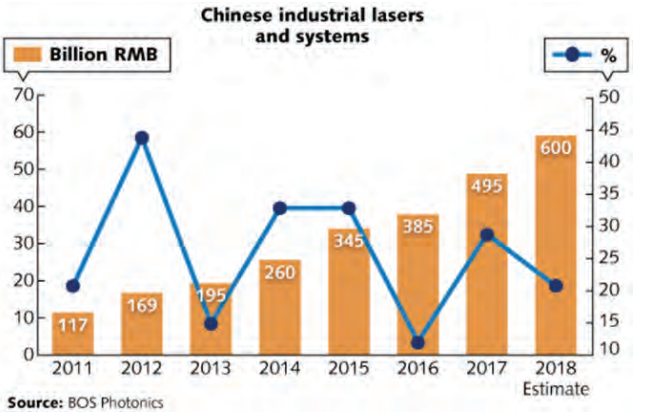


图1：鉴于中国拥有世界上最大的激光器市场，因此20%的增长率仍然是较为不错的表现。（来源：Bos Photonics）

一个重要的问题是进口系统和国产系统之间的关系，这对于光纤激光器来说尤其有趣。对于功率 <100W 的低功率光纤激光器，国内激光器制造商已经占领了市场。对于功率 <1.5kW 的中功率光纤激光器，2017 年和 2018 年国内系统的份额约为 43%。只有功率超过 2kW 的高功率光纤激光器，进口系统才以大约 81%（2018 年的预测）的市场份额主导着市场；但是在过去三年中，该市场中国产系统的数量，每年都翻了一番还多。一台国产的 10kW 光纤激光器原型机已经在客户现场进行了测试，并且已经有 20kW 的国产系统发布。

激光组件市场的情况则有些不同。2017 年，中国大约进口了 20 亿美元的激光组件，出口组件的金额约为 6.09 亿美元。显然，进口的增长速度要比出口快得多。换句话说，国外公司仍然在核心激光组件市场中占据主导地位。

对中国激光市场的任何预测，都强烈依赖于中美两国之间的关系。虽然 2016 年中美之间的贸易有所下降，但

是 2017 年出现增长，两国之间的贸易逆差达到了 3750 亿美元的历史新高。最为不利的影响体现在中国在美国的投资数量上——从 2016 年上半年到 2018 年上半年，中国在美国的投资数量下降了 90% 以上。

中美两国之间实际需要解决的问题有很多：有些问题比较容易解决（如知识产权保护问题），而有些问题则比较难处理（如补贴和国有企业）。对于贸易谈判问题，相信大部分问题都能得到妥善解决。

这种乐观态度在一定程度上基于中国的重大战略计划。一个是“中国制造 2025”纲要，其中详细说明了中国计划从低附加值的制造业走向高科技国家的具体步骤。中国制造 2025 主要涉及 10 个关键领域，如下一代 IT、新能源汽车、生物工程和医疗设备，所有这些领域都需要激光器。现行关税阻碍了这些领域的发展。另一方面，大约 75% 的美国公司都计划在中国投资。因此，大家都希望通过新的贸易协定来减少目前市场环境中的不确定性。

经过 2018 年的好年头后，2019 年中国激光行业可能面临逆风的阻挡，其中中美关系起着很大的决定性作用。预计中国会很快与美国达成协议，然后以超越所有其他国家的速度发展，包括欧盟。

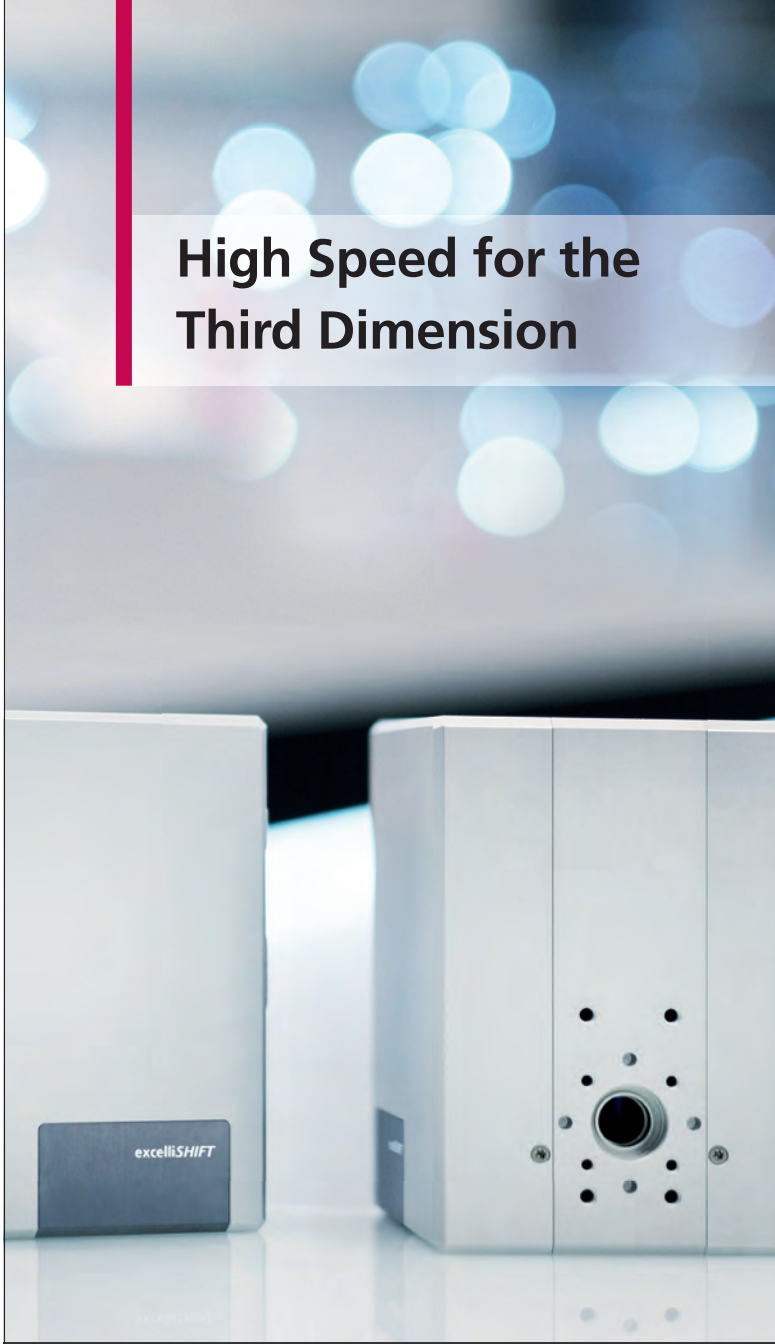
在中国，激光业务将随着焊接、微型制造和纳米制造、清洁、增材制造、人脸识别、显示器等应用而大幅增长。对于切割和打标等成熟应用，价格将继续受到侵蚀。❑

上接第11页

2019 年，预计用于光刻的激光器将强劲增长 12%，用于宏观加工的激光器将增长 4.2%，而用于微观加工的激光器将出现 -2.4% 的负增长。这里，微观材料加工激光器包括了用于材料加工的所有功率小于 1kW 的激光器（包括准分子激光器，但不包括打标激光器）。

医疗激光器也将蓬勃发展：继 2018 年增长约 14% 之后，预计 2019 年该细分市场将再次实现 9% 的高增长。增长最快（约25.8%）的部分将是传感器和仪器市场。

更详细的数据发表在题为《The Worldwide Market for Lasers: Market Review and Forecast 2019》的报告中，感兴趣的读者可登陆 Strategies Unlimited 公司的官网（www.strategies-u.com）了解。❑



With its fully reflective design, the excelli*SHIFT* optical z-axis smashes 3D-processing dynamics records:

- Up to 5 times faster than a vario*SCAN* 20
- Ideal in combination with excelli*SCAN* and intelli*SCAN* scan heads
- Suitable for IR and SHG lasers
- Extends 2D scan heads into 3D scan systems

Visit us in hall A2 at stand 225

LASER World of PHOTONICS
JUNE 24–27, 2019, MESSE MÜNCHEN

www.scanlab.de

SCANLAB
innovators for industry

超快微加工

使用紫外皮秒激光器实现高质量柔性印刷电路加工

文/Newport

超短脉冲（USP）激光器在工业制造中的应用越来越多，其主要应用领域包括玻璃加工、金属雕刻和医疗器械制造。与更长的纳秒和微秒脉冲宽度相比，在~1μm 的红外（IR）波长范围内，短脉冲宽度能够以很低的热效应实现高质量加工，从而在加工金属时产生最低限度的熔融和毛边，在加工玻璃时产生更少的碎屑和破裂。

然而，在许多情况下，更短的紫外（UV）波长会带来额外的好处。更短的波长可实现更小的聚焦光斑和更长的加工场深度。此外，与红外波长相比，紫外波长可将激光能量耦合到更多种类的材料中。结合许多不同材料的行业之一是柔性印刷电路（FPC）制造。FPC 已经用于各种紧凑的电子设备中，如智能手机、手表以及越来越多的“可穿戴”电子产品。材料多种多样，包括铜、聚合物、黏合剂甚至还包括纸。常用的工艺包括钻孔和轮廓切割。

最近，我们测试了一款新发布的皮秒脉冲紫外激光器——Spectra-Physics IceFyre® 355-30，用于加工各种 FPC 材料。所加工的材料包括聚酰亚胺基保护膜（纸基上 25μm 厚的聚酰亚胺 + 黏合剂层）、铜 / 液晶聚合物 / 铜（Cu/LCP/Cu）层压板以及裸露的液晶聚合物（LCP）材料。LCP 是重要的电介质材料，用于高速无线电频率（RF）数据传输技术，例如 5G 移动设备所需的技术。这些测试的目标是确定加工 FPC 材料的产量和质量以及最佳工艺参数。

对于 FPC，聚酰亚胺保护膜的作用与 FR4 基印刷电路板（PCB）的阻焊膜相同。聚酰亚胺的厚度通常为 12~25μm，涂有压敏黏合剂，并与纸基材料相连。关键挑战是在聚酰亚胺中高速烧蚀图案，同时避免黏合剂熔融和纸基燃烧 / 炭化等热效应。当前最先进的保护膜制图工艺是将脉冲纳秒紫外激光器与二维振镜相结合，以很低的热效应实现高速加工。然而，在某些应用中，质量至关重要，因此紫外皮秒脉冲宽度更有利。图 1 显示了使用 IceFyre 355-30 激光器进行高质量保护膜划刻。

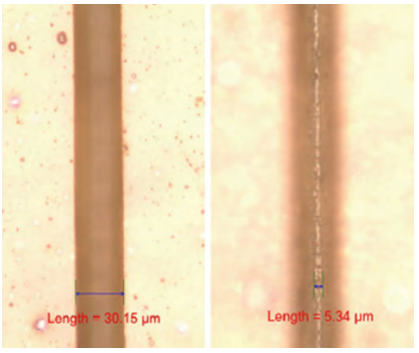


图1：使用紫外皮秒激光脉冲进行高质量聚酰亚胺保护膜制图。

图 1 中，随着显微镜散焦到划线底部，显示未对基础黏合剂造成任何热损伤。与使用纳秒紫外激光器相比，使用皮秒紫外激光器产生的碎片更少，同时能够以更高的脉冲频率（从而以更高的速度）进行加工，并且不会在黏合剂和纸基层中造成不必要的热效应。

由 Cu/LCP/Cu 构成的层压板对即将到来的 5G 移动设备等高速 RF 设备的 FPC 制造越来越重要。由于 LCP 的电介质性能优于 PI，这种材料正在取代广泛使用的典型 Cu/PI/Cu 层压板。制造过程中通常会进行钻孔和轮廓切割等工艺。图 2 中显示了厚度为 9/25/9μm 的 Cu/LCP/Cu 层压板中的纳秒紫外（左）和皮秒紫外（右）直线切口。

尽管层压板中的纳秒和皮秒切口质量看起来都不错，但使用皮秒脉冲切割，切割边缘处的碎片和 / 或氧化

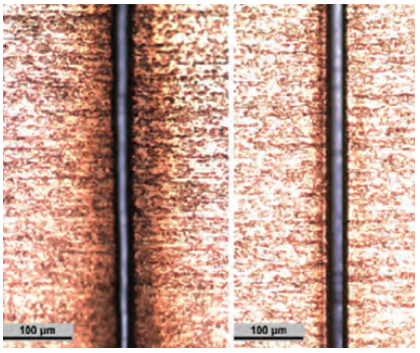


图2：Cu/LCP/Cu层压板中的纳秒（左）和皮秒（右）紫外激光切口。

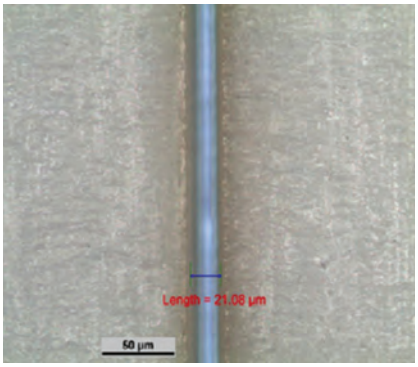


图3：使用IceFyre皮秒紫外激光器进行裸露LCP的高质量切割。

表1：IceFyre 1064-50和IceFyre 355-30性能指标

	IecFyre 1064-50	IecFyre 355-30
波长	1064 nm	355nm
功率[2、3]	400 KHz时>50 W	500 kHz时>30 W, 典型值 800 kHz时>25 W 1 MHz时>20 W, 典型值
最大脉冲能量，典型(TimeShift ps可实现更高的每突发脉冲能量)	200 kHz时>200 µJ单脉冲	500 kHz时>60 µJ, 典型值 800 kHz时>31 µJ 1 MHz时>20 µJ, 典型值
重复频率范围[6]	单脉冲到10MHz	单脉冲到3MHz
脉冲宽度(FWHM)[2]	<20 ps (15ps典型值)	
TimeShift ps	是	
脉冲对脉冲能量稳定性[2]	<1.5%, 1σ	<2.0%, 1σ
功率稳定性(预热后)[2]	<1%, 1σ, 8小时以上	

1、红外规格均为400kHz单脉冲，二极管电流设置为获得51W输出。紫外规格均为800kHz单脉冲，二极管电流设置为获得25.5W输出。
2、所示红外功率不含选配的AOM。
3、不含输出AOM选配件的400kHz以下的红外操作，请咨询厂家。

更少，这对有图案的聚酰亚胺保护膜材料的黏合等下游工艺而言，是一个重要的有利因素。

Icefyre 紫外激光器的切割速度优化为 200mm/s。一些 FCP 应用需要切割未包铜的裸露 LCP 材料。使用 IceFyre 355-30 激光器，将最佳工艺用于切割 45µm 厚的裸露 LCP 材料。图 3 中显示了由此产生的切口的显微镜照片。

使用 IceFyre 的 TimeShift™ps 功能，可以实现具有最佳质量的最快工艺，该功能可以进行具有可调整的脉冲间隔时间、脉冲串包络形状等参数的脉冲串生成。200mm/s 的净切割速度比使用激光器的传统单脉冲输出进行的切割快大约 30%~40%。

采用更短的脉冲宽度和更短的波长，激光加工倾向于产生更高的质量，这里的各种 FPC 加工结果展示了这一点。更短的相互作用时间和更浅的光穿透深度，可以实现烧蚀工艺的更精细的控制，实现更精细的加工精度，同时降低热效应。尽管这种更高的加工质量有时会以产量为代价，但是IceFyre激光器的TimeShift ps功能，能根据客户的具体加工过程，量身定制激光加工质量和产量。

IceFyre 1064-50和IceFyre 355-30

IceFyre 利用一种正在申请专利的设计重新定义了皮秒微加工激光器，它以行业领先的性价比实现了卓越的紫外和红外性能以及前所未有的多功能性。IceFyre 基于 Spectra-Physics 的 It's in the Box™ 设计，将激光器和控制器集成到了超级紧凑的小封装中。

全新的 IceFyre 355-30 在 500kHz（>60µJ）时提供 >30W 的典型紫外输出功率，并提供从单脉冲到 3MHz 的优异性能。IceFyre 1064-50 在 400kHz 单脉冲时提供 >50W 的红外输出功率，并提供从单脉冲到 10MHz 的优异性能。❑

上接第10页

始终为他的数字光子生产愿景而努力工作。他经常说，激光是全数字化工作流程的完美工具。但是对于超快激光来说，这种说法还现实吗?

EWAG AG 公司的 Claus Dold 举了一个例子——用超快激光制造硬质合金钻头和金刚石钻头。他使用的机器是全自动化的，只需要提供钻头的几何数据。机器自己会选择合适的激光参数，并产生出一套钻头。对于直径在 0.5~3mm 之间的钻头，激光加工的效率高于其他工艺。作为一个全数字系统，它正准备登上全球市场这一更大的舞台。

即使这样的系统证明了用超快激光器高效生产的可行性，但仍然存在许多挑战正在解决。可喜的是，用于高重复频率或大量光束的扫描技术正在迅速提升；通过分离微观和宏观水平，模拟工具得到了改进；甚至用于传输超快激光的光纤现在也可以使用了。

然而，制造一台使用超快激光器的机器，需要非常详细的激光与物质相互作用的知识。除了激光束保护之外，还有一个新的安全问题随之出现，即超快脉冲撞击金属会产生有规律的离子辐射。❑

玻璃切割

玻璃切割得益于激光技术的进步

文/George Oulundsen，Joris van Nunen，Mike LaHa

如今，玻璃广泛用于平板显示制造（FPD）以及汽车和建筑领域的传统窗口应用中。在所有这些行业中，切割玻璃的需求越来越大，同时要求切割过程具有更高的精度、更高的速度、更大的灵活性（如切割曲线和图案）、更低的环境影响和更低的总体成本。各种基于激光的切割方法，在技术上特别适用于满足这些不断提升的要求。本文探讨了两种重要的激光玻璃切割方法的一些最新进展。

机械切割的局限性

切割玻璃的机械方法已经使用了长达几个世纪，这种方法首先使用一个坚硬的锋利工具（俗称玻璃刀，通常是钻石或硬质合金的砂轮）在玻璃表面上划出一道刻痕。然后，再施加机械力使该刻痕穿透整个玻璃基板，并以一种可控的方式将玻璃沿刻痕分离开来。

不幸的是，这种机械切割方法会沿着切割边缘产生微裂纹和碎屑，也会产生崩边。此外，机械切割方法还会在切割边缘产生残余应力，从而降低玻璃基板的机械强度（抗断裂性）。同时，机械切割方法可能还需要各种后处理步骤（如研磨、抛光）来缓解上述问题，这必然会增加额外的生产时间和成本。此外，这些工艺也可能对环境产生负面影响，如产生碎屑或需要大量清洁水。

随着玻璃基板变得越来越薄（<1mm），或是需要切割复杂的形状和图案时，上面提到的这些问题会变得更加严重。另外，化学强化玻璃根本不能用机械方法轻易切割。

激光玻璃切割解决了上述诸多问题。首先，激光切割是一种非接触切割过程，这完全消除了微裂纹和剥落碎屑的问题。此外，激光切割基本上不会在玻璃中产生残余应力，从而实现了更高的边缘强度。这一点至关重要，因为即使是对玻璃板的中心施力，但往往也会导致玻璃边缘发生破裂。因此，激光切割的玻璃可以承受的力，通常是机械切割的玻璃的 2~3 倍。

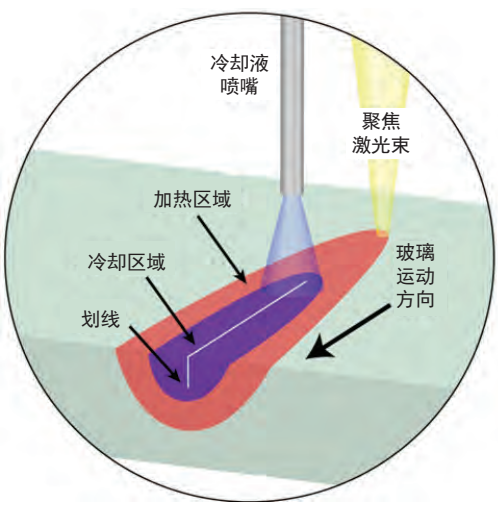


图1：CO_2激光器划线的示意图。

激光切割也可以减少加工步骤，因为它不需要任何后续的清洁或研磨。因此，虽然激光切割站的建设成本高于机械切割系统，但是其不需要额外的磨床，激光切割的总投资可能会低于机械切割系统。

CO_2和CO激光切割

二氧化碳（CO_2）激光器已经在玻璃切割中使用多年。因为所有的玻璃对 CO_2 激光器输出的 10.6μm 的光都有着极强的吸收，因此聚焦光束会在玻璃表面或其附近引发快速加热。为了产生切口，玻璃相对于激光束平移，液体或空气通过喷嘴喷射到玻璃上，以让玻璃快速冷却。由此产生的热冲击会让玻璃形成连续的切缝。对于较薄的玻璃，这种切缝可以完全穿透整个玻璃基板，直接完成切割；对于较厚的玻璃，则还需要使用第二次激光切割或使用机械步骤才能完成切割。

由于玻璃对 10.6μm 激光波长的高吸收，光束在工作表面形成一条长而细的线，而不是一个圆（这是激光束最常见的聚焦方式）。这种聚焦方式有助于充分分配激光产生的强烈热量。但是，这种几何分布意味着玻璃总是沿着直线被加热，因此不能切割短半径曲线。

为了解决这个问题，可以使用

振镜及控制解决方案的世界领导者



3D打印应用　　显示面板加工应用　　太阳能划线应用

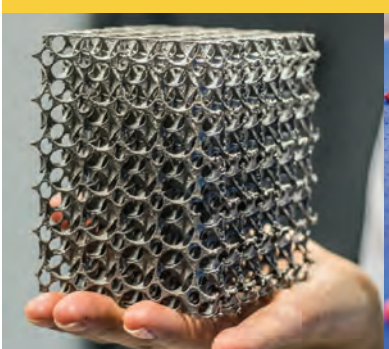
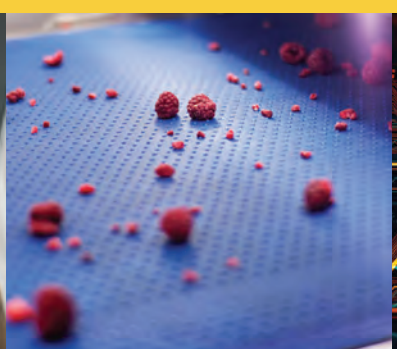
PCB软板硬板加工应用　　新能源电池切割打孔应用

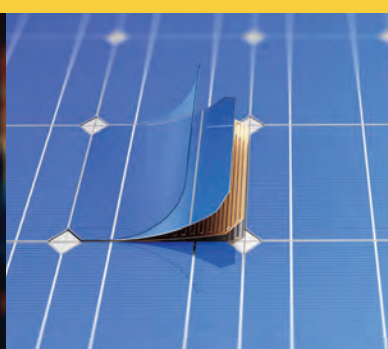
Visit us! Hall A2, Booth 546

LASER World of PHOTONICS
JUNE 24–27, 2019, MESSE MÜNCHEN

CAMBRIDGE TECHNOLOGY
A Novanta Company

www.CambridgeTechnology.com/zh | scanners@cambridgetechnology.com



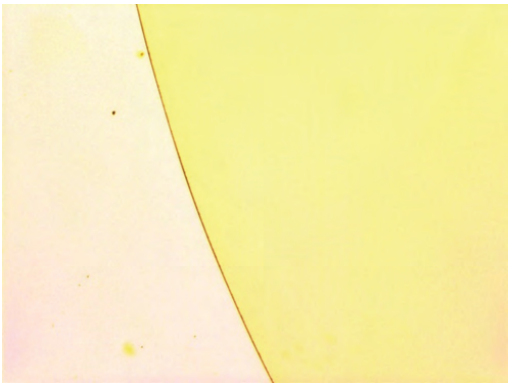


图 2：输出功率仅 9W的 CO 激光器以 140mm/s的加工速率，在超薄玻璃（厚度 为50μm）上实现了平滑整齐的曲线切割（半径为 6mm的圆）。

另一种红外激光器。具体来说，就是一氧化碳（CO）激光器，相干公司于 2015 年首次将 CO 激光器作为了一种实用的工业工具。CO 激光器的输出波长范围为 5~6μm，玻璃对这个波段的光的吸收率稍低，允许光进一步穿透到大部分材料中。因此，热量能够直接传输到大部分玻璃中，而不是依赖于从表面扩散。这种吸收差异产生了一些好处。例如，相干公司的测试表明，CO 激光器产生的残余应力甚至比 CO_2 激光切割更低，从而能获得强度更高的切割件，同时也为制造商提供了更宽的工艺窗口。

这种较低的吸收率使得圆形聚焦光束可以直接使用，而且不会产生不利的热效应，因此可以实现曲线切割。此外，CO 激光器能够更快地切割某些玻璃，并且能够成功地切割那些 CO_2 激光器难以切割或是不可能切割的玻璃类型。特别值得一提的是，CO 激光器可以切割化学强化玻璃。

SmartCleave成丝切割

另一种使用红外激光器进行大面积加热的激光玻璃切割方法，利用了聚焦的超快激光器（其脉冲宽度在皮秒范围或更短）的极高的功率密度。在所谓的“成丝切割”中（相干公司拥有专利的 SmartCleave 就是一个例子），一束超快激光在玻璃基板上聚焦成一个非常小的点。在这个过程中，由于非线性克尔光学效应，超高密度的激光光束会在玻璃内产生自聚焦现象。这种自聚焦会进一步提高功率密度，直到达到某一阈值后，在材料中产生低密度等离子体。这种等离子体会降低材料在光束路径中间的折射率，并会引发光束散焦。通过适当配置光束聚焦光学元件，可以让这种聚焦 / 散焦效应达到平衡，从而实现周期性重复，并在玻璃中形成长达数毫米的、较为稳定的光丝。这种光丝的直径通常在 0.5~1μm 之间。

为了产生切口，玻璃基板需要相对于激光束移动，以产生一系列密集的光丝。根据材料厚度和需要切割的几何结构，切割速度可以达到 100mm/s~2m/s。

对于化学强化玻璃或热强化玻璃，工件内部的内应力会导致自发分离，从而无需额外的分离步骤。对于非强化玻璃和其他透明材料（如蓝宝石），在成丝后还需要额外的分离步骤，这可以通过施加较小的机械力或温差力来实现，例如可以使用 CO_2 或 CO 激光器加热来实现。

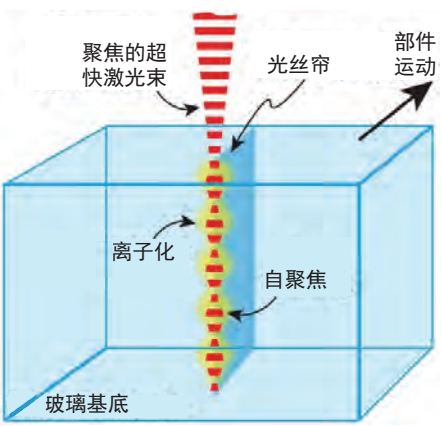


图3：包含超快激光束周期性自聚焦的光丝形成过程。激光束和工件之间的相对运动，产生了这些光丝或光丝帘，光丝间的间距为3~7μm。这些光丝会使材料变弱，并实现干净的切割。

SmartCleave 将罗芬公司的加工工艺与相干公司先进的工业超快激光器相结合。相干公司的皮秒激光器（如 HyperRapid NX）支持 burst 操作模式，可以提供一系列紧密间隔的脉冲，它们就像是一个总能量 >700μJ 的超级脉冲。这种 burst 模式是成功实现成丝切割的关键。由此产生的工艺可以在厚度从 0.05mm 到几毫米的透明脆性材料中，高速切割任意形状，包括曲线、任意形状的切口和图案，并且切割无锥度。此外，SmartCleave 能提供光滑的切割表面，R_a 小于 1μm，边缘颗粒尺寸小于 5μm。与机械式工艺相比，使用 SmartCleave 切割的工件的弯曲强度更高，这也是为什么许多触摸屏制造商使用该工艺的原因。

多层基板的飞秒切割

飞秒脉冲激光器的使用，解决了皮秒激光器在玻璃成丝切割中的一个潜在局限性。具体来说，市场对切割含有一种以上材料的多层基板或层压板的需求日益增长，典型的应用是切割带有聚酰亚胺或 PET 涂层的玻璃。在许多情况下，这需要使用皮秒激光器来切割玻璃，并使用另一种激光工艺来切割其他材料。

过去，由于飞秒激光器的成本比皮秒激光器高、而功率却比皮秒激光器低，因此没有在成丝切割中得到应用。现在，切割多层基板的需求日益增长，促使激光器制造商开发出更具成本效益的、能够提供更高平均功率

的飞秒激光器（这是通过使用掺镱光纤而非传统的钛蓝宝石作为增益介质来实现的）。

相干公司的 Monaco 就是新一代工业飞秒激光器的一个代表，它能提供高达 60W 的平均功率，预计很快就会提升到更高功率。此外，操作人员还可以通过软件调节 Monaco 的输出脉宽，调节范围从 ~350fs~10ps，从而使其输出能够针对不同的成丝切割环境、以及其他材料切割和纹理加工过程进行优化。而且，对于成丝切割至关重要的是，Monaco SmartCleave 支持 burst 操作模式。

相干应用实验室的工程师已经证明，通过仔细的工艺优化，具有两种或两种以上不同材料的多层基板可以一次完成切割，并且具有卓越的边缘质量，几乎没有残余的边缘应力和热影响区。图 4 中显示了厚度为 0.5mm 的玻璃上涂有一层厚度 20μm 的聚酰亚胺，使用平均功率为 40W 的飞秒激光切割，用原子力显微镜测量的切割表面粗糙度 <350nm，边缘颗粒尺寸小于 4μm。

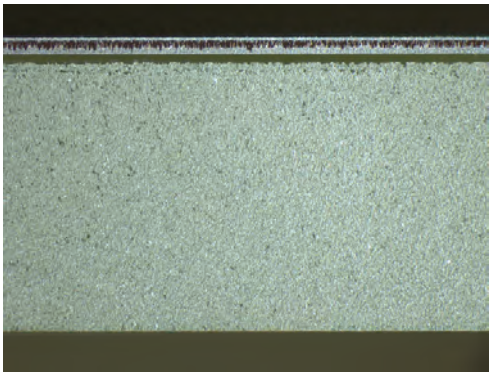


图4：SmartCleave切割混合材料的边缘视图。从图中可以看到，在厚度为0.5mm的玻璃上有一层厚度20μm的聚酰亚胺涂层。图中给出了使用平均功率为40W、脉宽约350fs的Monaco飞秒激光器切割效果。用原子力显微镜测量，切割面的表面粗糙度<350nm。

小结

综上所述，当今更为复杂和苛刻的玻璃切割应用，需要改进古老的切割技术。在许多情况下，激光切割已被证明能够提供满足当下切割要求的诸多特性。然而，激光玻璃切割实际上是一个涵盖多种不同技术的广泛领域，每一种技术都有其独特的特征和优势。相干公司几乎能提供所有用于玻璃切割的激光器（飞秒、皮秒、纳秒、CO_2 和 CO 激光器），并且能够为几乎所有应用提供最佳的成套系统或独立的激光器。❑



蓝光激光器

工业级蓝光激光器为反射性金属加工带来颠覆性改变

文/LFW

工业级蓝光激光器的重要性

工业激光器在切割、焊接、钻孔等加工领域发挥着重要作用。这些激光器通常工作在红外波段，这对某些应用很有效，但红外波长不适合加工反射性金属，包括金、铝、镍、铜等，其中铜是最常用也是最重要的一种材料，在电子制造和汽车制造等行业广泛应用。

众所周知，虽然铜对红外激光的吸收率很低，但对蓝光的吸收率却很高。图 1 中给出了金、铝、铜和其他金属对红外光和蓝光的吸收情况。因此，在加工铜等反射性金属方面，人们一直渴望能有高功率蓝光激光器横空出世。

高功率蓝光激光器的发展有赖于以下三个方面的进步：

- 蓝光半导体材料(GaN)的可用性；
- 合适的微观和宏观光学元件的发展；
- 工程专业知识的发展，能够有效地将光源和光学元件集成到一个紧凑、坚固、可靠的高功率系统中。

工业级蓝光激光器

消费电子和通用照明市场的增长，推动了氮化镓（GaN）二极管激光器的发展。GaN 激光器发射波长在 450nm 附近的蓝光。一个典型的二极管激光器只能输出 2~3W 的功率，这不足以用于工业加工；另外，由于光束高度不对称，单个二极管的光学质量也不好。

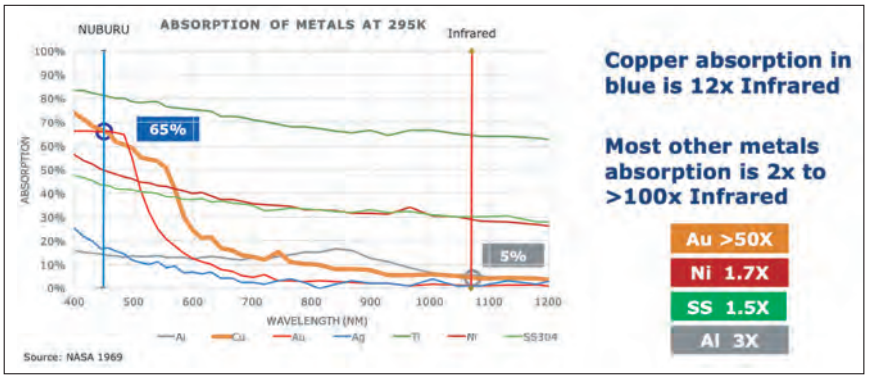


图1：几乎每种反射性金属，对蓝光的吸收率都远大于对红外光的吸收。

要实现工业级的蓝光激光器，必须将多个二极管的输出合束到一起，同时还要保持原有的亮度。此外，耦合效率也必须非常高，因为系统内过多的能量损耗会导致内部热损伤、性能衰退和系统不可靠。

Nuburu 公司利用一种创新的设计解决了这些挑战。这种设计将多芯片封装的激光器输出与相应的光学元件相结合，利用空间和偏振光学元件，将多个单一光束整合到一起(见图 2)，制成了高功率工业级蓝光激光器 AO 系列，它们为铜等反射性金属材料的加工带来了颠覆性的进步。

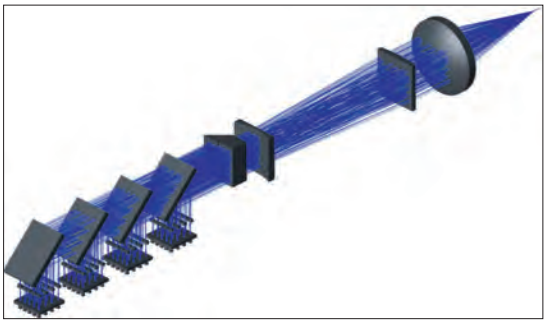


图2：基于芯片的AO激光器设计，为每个二极管光束提供单独的准直光学元件。

这种直接二极管设计，直接将电能转换为蓝光，相比于使用闪光灯或二极管激光器作为激励源产生红外光、或是借助倍频晶体将红外光转换成绿光，效率大幅提升。

当然这种方法也面临挑战。例如，每个二极管激光器的输出是不对称的，必须单独调节以改善光束的对称性。AO 系列是由一个 4×5 的蓝光二极管阵列构成的。基于芯片的设计，使得每个二极管的输出都能与它自己的光学元件主动对准，使发射的每束光都对称。

然后，来自四个独立

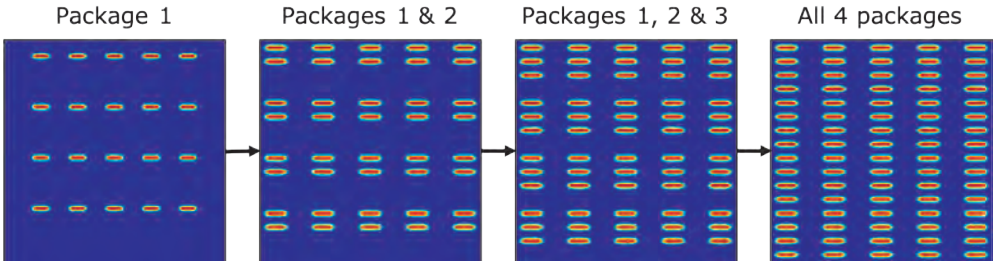


图3：交错反射镜和光学元件将单个光束组合成5×16的阵列。

阵列的光，通过交错反射镜，形成一个由 5×16 个空间偏移波束组成的集成阵列（见图 3），得到一个输出波长 450nm、功率 200W 的模块，并且光束高度对称（见图 4）。该模块是 AO-150 的核心，AO-150 是 2017 年首次上市的 150W 蓝光激光器。

一年后，NUBURU 发布了功率 500W 的蓝光激光器 AO-500，它展示了前所未有的材料加工性能。AO-500 集成了四个独立的 200W 模块，使用交错反射镜和偏振镜以最小的损耗组合光束（见图 5）。非球面透镜将光束聚焦为一个光斑，该光斑耦合进入芯径 400μm 的光纤，耦合效率超过 90%。

必须优化光学效率，以确保蓝光稳定可靠，适合工厂应用。效率低下就会产生多余的热量，这有可能降低光学元件的性能和寿命。高效率，再加上选择高功率 QBH 光纤和主动冷却式二极管阵列，实现了卓越的热控制和稳定性，使得输出功率每千小时下降不到 3%。加之设计功率裕度，这就确保了激光器的可靠性和稳定性，足以在具有挑战性的制造环境中部署。

AO-500 采用模块化设计，光

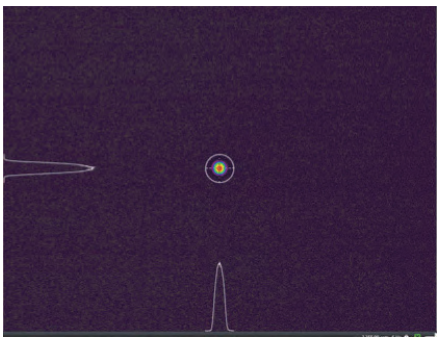


图4：高度对称的光束最大化了光学效率和最终性能。

EVERBRIGHT
心所往 · 光所至

激光加工市场变革——直接半导体激光系统

长光华芯拥有外延设计与生长、芯片制备、封装、光纤耦合模块、激光系统等完整的研发、量产垂直工艺平台



DDLF系列中功率1000W系统

中心波长：915/976nm
输出功率：1000W
光纤芯径：220/300μm

典型应用：
激光熔覆
激光清洗
金属热传导激光焊接

应用行业：
日用五金 汽车行业
家电厨卫 钣金机壳
动力电池

- 采用自主高可靠性单管芯片、光纤耦合模块，集成先进控制系统、高效水冷系统
- 具有高亮度、高电光转换效率、高光束质量、高稳定性、长寿命、低能耗、结构紧凑、高金属吸收率等特点
- 出射光斑为近平顶分布，能量分布均匀，大光斑能容忍接触间隙，适用于薄板焊接
- 焊接速度快，熔池稳定，焊缝平滑，焊点美观

苏州长光华芯光电技术有限公司
地址：江苏省苏州市高新区科技城昆仑山路189号2号厂房
邮编：215163
电话：+86-512-69372570
传真：+86-512-66806323
邮箱：sales@everbrightphotonics.com
网址：www.everbrightphotonics.com

微信扫一扫
获取长光华芯更多资讯

2019年6月24-27日
德国慕尼黑新国际博览中心 A2 256
LASER PHOTONICS

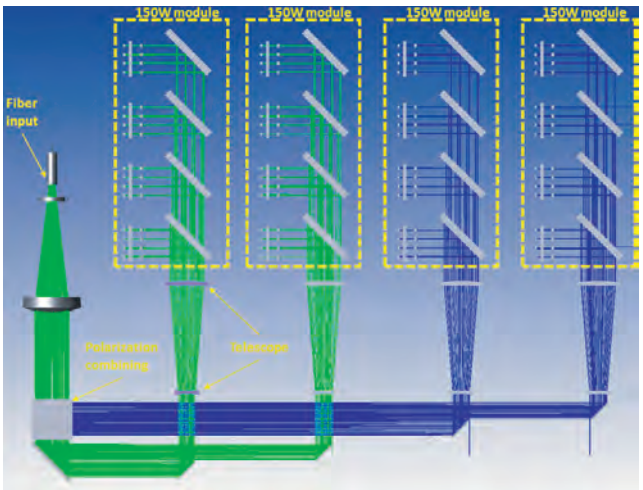


图5：在高功率下获得高性能的关键是采用能优化效率的光学设计。

纤和 200W 模块都可以移除和替换，输出功率的变换小于 1%。AO 系列激光器已经部署在世界各地的生产环境中——不仅因为其可靠性，而且因为它为铜和其他反射性金属的加工带来了前所未有的性能。

激光焊接

Nuburu 蓝光工业激光器的一个重要应用是铜焊接。铜对蓝光的吸收率更高；光源的高亮度更能提高焊接性能。

单光束调节的理论优势，在于能显著提升可测量的性能。例如，AO-500 能以超过每分钟 3.5 米的焊接速度，焊接 30 个厚度 10μm 的铜箔。它每平方厘米的输出功率高达 1.4MW，能够以每分钟超过 2.1 米的速度，实现厚度 500μm 的铜的全熔透焊接。所有焊缝基本上都是无排放和无飞溅的（见图 6）。AO 系列激光器可以产生对接焊缝、搭接焊缝、堆焊、边缘焊缝等工艺，即使是在非常具有挑战性的几何结构中。这些焊接类型对电池制造、电机装配和消费电子制造等应用至关重要。需要注意的是，其他替代焊接方法（如超声波焊接）需要不同的接触头来焊接每个产品，而 AO 系列只需要简单调节光束参数即可。

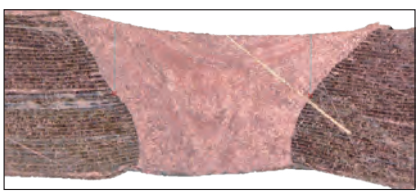


图6：40个厚度10μm的箔材焊接，显示了无与伦比的焊接质量，既没有空隙，也没有飞溅。

蓝光激光器还可焊接异质金属。例如，铜对于某些电子制造而言必不可少，但价格相对较高，而铝是一种价格较低的替代品，在某些环节，使用铝就足以胜任了。由于铝和铜的熔点不同，对光的吸收也不同，因此将它们焊接在一起是一项艰难的工作。接头的不稳定性和变化会导致“金属间化合物”的形成——许多焊接方法固有的不规则热吸收导致的化学和物理结构不一致的区域。NUBURU 的蓝光激光器在焊接异质金属时，金属间化合物形成最少（见图 7）。



图7：蓝光激光器实现了铜和镀镍钢之间的异质材料焊接。

蓝光激光器的优势让许多行业受益。例如，锂电池的制造需要在每个电池单元中连接许多薄铜箔（使用铝箔的也很多）。飞溅产生的短路会减少电池容量；空隙会增加接头的电阻；宽接头会减少铜箔的“工作区域”。所有这些问题都可以通过蓝光激光焊接得到解决：它在铜箔上形成了一个狭窄、干净、一致的接头。如图 8 所示，电池制造包括在更高的组装水平上连续多层铜接头。蓝光激光在每一步中都有帮助。

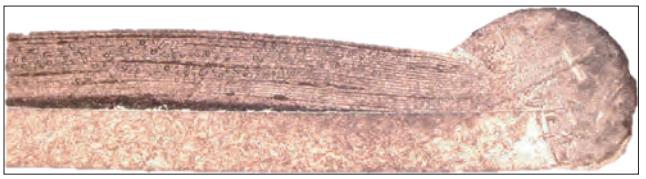


图8：电池制造需要将较厚的凸耳和薄箔焊接到一起，这是一项艰难的任务，但蓝光激光能轻松驾驭。

激光已经成为汽车制造业必不可少的工具，随着铜在汽车装配中越来越重要，蓝光激光也将变得同样重要。例如，高效电机正朝着需要细销焊接的棒状绕组设计发展。蓝光激光焊接的灵活性和功率，可以在最小的体积内实现最高质量的接头。

这些同样的优势延伸到消费电子组装、太阳能电池板制造和新兴应用领域，例如生物信号与成像以及增材制造。

光明的前景

工业级蓝光激光器在铜焊接中具有明显优势，这种优势也可以扩展到其他材料加工中。蚀刻、切割和其他材料加工，都可以受益于强大可靠的高功率、高亮度工业级蓝光激光源。与任何新技术一样，在不久的将来肯定会有很多与蓝光激光器相关的新应用出现——甚至有些应用是我们今天都无法想象的。❑

工业激光应用

INDUSTRIAL LASER APPLICATIONS · CHINA

《Industrial Laser Solutions 工业激光解决方案英文杂志》的中文版

由Endeavor Business Media (原 PennWell 公司) 授权出版

首刊

(重新发行)

2019年9月

内容预告

- 电动车为光纤激光器提供新机会
- 数字化助力激光远程焊接
- 增材制造

免费索阅



样刊 2019年6月出版

内容预告

- 电动车为光纤激光器提供了机会
- 数字化使激光远距离焊接增益
- 燃气轮机零部件增材制造现状

欢迎登记
免费参会

LaserFocusCon · 6月21日 · 苏州 · 免费派发

ENDEAVOR BUSINESS MEDIA

ACT

PennWell

硅光子学

自动晶圆级探测满足硅光子学的应用要求

文/Joe Frankel，Kazuki Negishi，Mike Simmons，Dan Rishavy，Eric Christenson

随着芯片设计人员承受不断提高数据速率的压力，使用红外光子信号作为数据传输介质的波分复用（WDM）技术，越来越多地用于 CMOS 器件中。这种技术被称为“硅光子学”（SiPh），不仅可用于取代传统的电气互连，还适用于广泛的应用，包括激光雷达、量子计算和生物传感。

光学元件在芯片上的集成，为 SiPh 器件的晶圆级探测带来了许多新的挑战和需求，其中需要大量的器件性能数据，来进行从概念到认证和生产的设计。在实验室中进行初始原型工作时，设置和调节单个装置进行测量，需要花费数分钟或是数小时的时间。然而，这种耗费时间和精力的方法，不适合大批量 SiPh 制造的周期时间要求。

需要在吞吐量方面实现巨大飞跃，才能快速获得流程反馈并将这些设计提升到新的水平。此外，由于硅中制造的光栅和波导的有效孔径尺寸，输入 / 输出（I/O）测量必须具有纳米量级的对准精度，这是迄今为止传统探测系统闻所未闻的精度。

随着器件技术从简单的传输线，发展到光电转换器，再到光调制器等，制造商必须跟上产生探测器平台的步伐，使芯片设计人员能够测试和改进其快速成熟的 SiPh 设计。从 2017 年开始，FormFactor 公司开发了晶圆级探测解决方案，支持各种 SiPh 应用，并提供了支持迅速发展的 SiPh 行业的开发路线图。

探测应用

硅光子学探测应用通常属于建模和表征、晶圆验收测试或生产过程监测的类别。这些应用类别中的每一个，都将其独特的相对重点放在准确性、吞吐量和测试灵活性上。

建模和表征应用旨在提取用于设计和模拟器件（或一部分）的模型参数。在这种情况下，精度是关键，吞吐量的重要性相对较低，因为建模是设计工程活动。

晶圆验收应用旨在验证芯片设计的性能，检查器件的功能、可重复性以及衬底上多个器件的性能。在这种情况下，精度和吞吐量之间的平衡很重要，因此可以在许多器件的样品上验证制造过程。

在线过程监控应用旨在不断验证晶圆制造流程，监视生产流程中的任何故障。由于流程监控是一种大批量应用，因此在检查最小数量的指标时，测量往往会针对速度进行优化。

探测器使用案例

由于行业对各种应用的需求，需要灵活的探测平台，可以根据应用需求快速优化。在为前面描述的一种应用配置探测器时，需要考虑许多参数，以及在精度、吞吐量和功率耦合可重复性方面的典型对准性能要求（见表 1）。

每种探测配置都由应用的特定需求所驱动。光电（O-E）探测系统配置

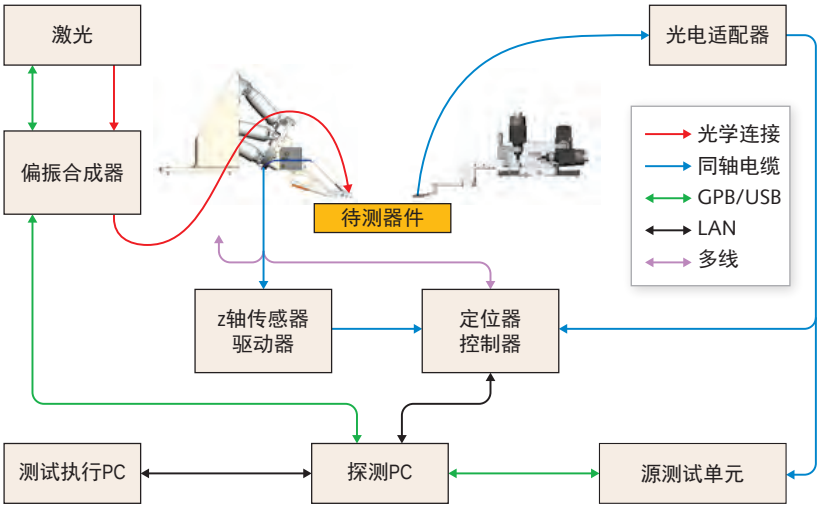


图1：该原理图显示了硅光子学探测系统的构建模块。

设置的一个例子，是测量不同激光波长和输入偏振态下的光电二极管的响应度、插入损耗和功率耦合效率（见图 1）。

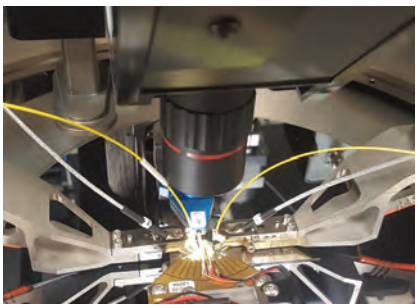
在另一种配置中，光 - 电 - 光（O-E-O）定位器设置是高度定向的：东 / 西向的光学定位器用于光学 I/O，南向的 DC 用于偏压，而北向的 RF 用于调制（见图 2）。所有探测头都安装在电动定位器上，用于在具有不同探测布局的 subdie 区域之间自动索引。

对准方法

工程探测系统将程序员的接口提供给最终用户的测试执行程序，该程序执行测量的主控制逻辑。探测器的编程界面使主工作流程能够根据应用的特定需求进行定制。通常，SiPh 测量应用的工作流程包括主级别的以下逻辑：

对于每片晶圆
　将 FOUP 上的晶圆装载 / 交换到卡盘上
　通过视觉系统对准晶圆
　　对于每个 die
　　对于每个 subdie 结构
　　将晶圆卡头步进到 subdie
　　移动定位器到 subdie I/O
　　将卡盘移动到与电探测接触
　　将光学探测与器件对准
　　执行器件测量
　下一片 subdie
　下一片 die
下一片晶圆

上述序列中的所有步骤都是探测行业的典型和标准步骤，除了“将光学探测与器件对准”的关键步骤是新的。在光学对准步骤中，需要具有六个自由度（用于平移和旋转）的高精度对准，以优化对给定器件的光学功率耦合。


图2：硅光子组件实的时定位和探测。

非接触式光学耦合优化，对于最小化“由于对准误差的灵敏度而导致的”插入损耗是至关重要的。这种对插入损耗的贡献不仅是待测器件的特性，而且涉及整个测量装置的特性，包括探测台和定位硬件。使损耗最小化、并且执行成功的高度可重复测量

AMTS 2019即将启幕，激光工程专区亮点频现

7 月 3-6 日，由励进展览（上海）有限公司主办的 AMTS 2019（第十五届上海国际汽车制造技术与装备及材料展览会）将在上海新国际博览中心再度登场。届时预计将有来自世界各地 800 家展商参展在 8 个展馆（W1-W5, E1-E3）联袂展示，吸引 80,000 位专业观众到场参观。

其中，激光工程专区将在 W4 馆精彩献礼，包括通快、大族、亚威创科源、天田米亚基、联赢激光、天弘激光、普雷茨特、高能激光、阿帕奇、相干、奔腾楚天、中科煜宸等中外知名厂商都将悉数亮相，围绕焊装、轻量化、新能源汽车制造等热点展示解决方案。

立足智造，科技赋能，他们始终都在用新技术拥抱行业未来。

通快（展位号 W4-J10）将展出新一代激光系统 TruLaser Cell 7040 L58-L59 用于车身制造，该系统为二维或三维组件、管道或型材的加工提供了完美的条件。灵活多样的功能配置满足项目初期产品原型研发设计抑或是大批量加工。激光切割、焊接、熔覆等一机多用，快速切换。

大族智能装备（展位号 W4-F01）提供的汽车车身及零部件激光焊接解决方案是集激光焊接、汽车零部件装焊、数控技术、焊缝跟踪、在线检测、自动化等学科于一体的全自动化高新技术产品，主要应用在汽车覆盖件激光远程焊、激光拼焊，汽车传动件及钣金件激光自熔焊、激光填丝焊，汽车车架激光电弧复合焊。该方案具备智能化制造接口，可与工厂 MES 系统连接。

相干（展位号 W4-G10）CleanWeld 净焊技术是一套适用于光纤激光器焊接的综合方案，大大提高了光纤激光器的实用性，还能减少 80% 的飞溅，并极大程度地避免出现裂纹，同时降低孔隙率。在改善加工一致性的同时，CleanWeld 在某些焊接工艺中，所使用的激光功率较往常下降了 40%。可应用于焊接动力系统部件、镀锌钢板、“发卡式”电机定子和电动汽车电池盖，以及焊接铝制挂件等。

普雷茨特（展位号 W4-E08）将首发 IDM 实时熔深测量系统 -KeyholeFinder。通过集成在内部的闭环控制系统，实时测量焊接过程中的熔深值，保持焊缝熔深的一致；升级的 KeyHoleFinder 功能自动将测量光点精确调整到 keyhole 位置，且偏差需小于 50μm，大大提高测量的准确性。

更多精彩，等你来探 AMTS 2019，www.shanghaiamts.com/visitor。

的一个关键，是实施一套校准功能，其补偿将光学定位器的运动轴与探测台的运动轴和坐标对准。

为了在性能目标内实现光学对准，使用专门的 3D 压电驱动器和专有控制算法。对于垂直光栅耦合器应用，这些算法包括自动移动和测量控制序列，用于 z 轴的光纤高度控制，xy 轴的高速光学扫描，绕 z 轴的旋转扫描，绕 y 轴的入射角对准，xy 轴的梯度搜索，以及初始光搜索。类似的算法也可用于边缘耦合应用，其中光学信号名义上沿 x 方向传播，并且在 yz 平面中执行对准扫描。

使用光学扫描对准算法，压电驱动器围绕器件上的标称耦合位置执行螺旋扫描运动，同时实时捕获通过器件的传输功率（见图 3）。扫描运动完成后，将在固件中分析功率与位置数据，并将光纤移至识别的峰值处。该操作可以在双面光 - 光（O-O）装置上完成，具有 <300nm 的典型精度和 <3s 的对准时间。

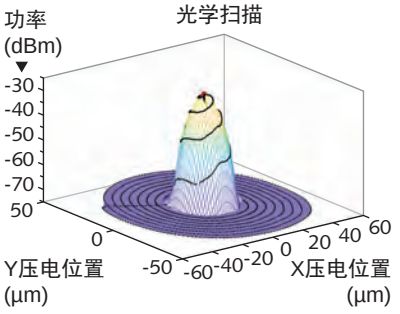


图3：在探测要求中，光学扫描用于测量功率耦合与光纤的xy或yz位置的关系。

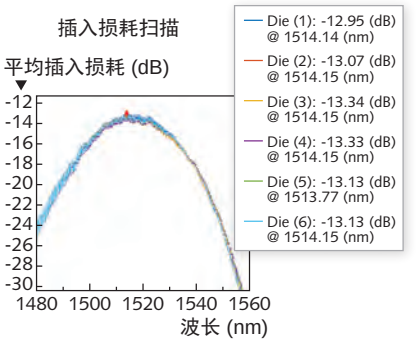


图4：波长扫描测量功率耦合效率与波长的关系。

一旦对准完成，探测系统处于进行设备测量的状态。由于应用的需求多种多样，通常测试执行软件触发仪器的测量程序，例如波长扫描、偏振扫描、s 偏振参数测量和其他用户特定测试。数据基于每个 subdie 捕获，并根据应用情况使用这些数据。

通过几个器件上的一系列插入损耗（IL）波长扫描测量，可以测量功率耦合与可调谐激光波长之间的关系（见图 4）。需要特别注意的是，虽然系统级校准可确保稳定的测量可重复性，但是需要在每个器件上执行光学优化，以确保最大的功率传输。

表1：硅光子学探测参数

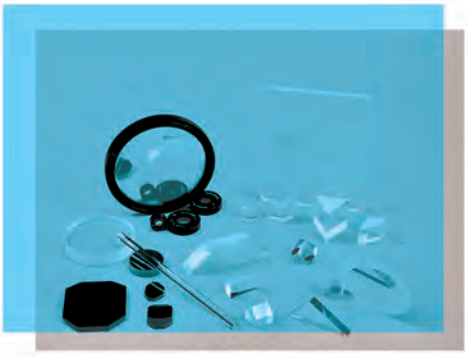
测试参数	可能值
晶圆直径	300 mm, 200 mm, 单片die
光子学 I/O	垂直耦合/光栅耦合器
	边缘耦合/沟道/波导
I/O 配置	光-光 (O-O)
	光-电 (O-E)
	电-光 (E-O)
	光-电-光 (O-E-O)
垂直耦合角	6°–20° (光栅耦合器)
边缘耦合角	0°, 70°, 80°, 90° (波导)
器件布局	每个die单层布线
	多层布线/subdie步进
波长	1260–1625 nm
频率	DC, 10 Gbit/s, 40 Gbit/s
定位器	双边六足 (通孔)
	单边六足 (回路)
	射频定位器，直流定位器 (电动或手动)
光学探测类型	单光纤、光纤阵列、光纤透镜、带小平面的光纤
电学探测类型	射频，直流 (用于调制和偏压)
测试温度	25°C (受控的环境)，-40°C to +150°C (加热)
精度	<300 nm
吞吐量	每个器件的对准时间<3s
可重复性	<300 nm

整合所有

FormFactor 的晶圆探测系统 Cascade CM300xi-SiPh，是一款用于晶圆级 SiPh 探测的完全集成的交钥匙型解决方案。各种可选硬件，以及业界独有的自动系统级校准和对准程序，大大消除了光进出光子学器件的挑战，同时还保持了高精密度和应用灵活性。FormFactor 的解决方案支持前面讨论的大多数探测参数，并且具有跟上行业快速发展步伐的长期业务规划。❑



◀声光器件



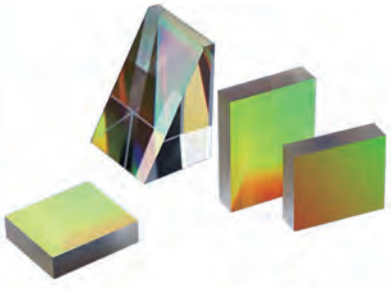
高功率光学元件 ▶

LBO晶体 ▶





▲ 高功率隔离器



▲ 光栅

CASTECH®

福晶科技

CRYSTALS / PRECISION OPTICS / LASER COMPONENTS

Visit us at LASER World of PHOTONICS

Booth : B2.354
June 24-27, 2019
MESSE MÜNCHEN

扫描二维码
了解更多信息
+86-591-83710533

激光微制造

在聚合物中激光写入柔性波导制造新型医疗设备

文/John Wallace

在透明的光学材料中写入光波导，是一项拥有数十年历史的技术，至少对于像玻璃和聚合物这样的刚性材料是这样。此外，人们还通过电子束和伽马射线将光波导写入到了聚合物中。现在，瑞士洛桑联邦理工学院（EPFL）的研究人员，首次在聚二甲基硅氧烷（PDMS）中制造了约1.3μm宽的柔性波导，PDMS是一种通常用于生物医学应用的透明硅胶。这种波导可用于制造基于光的器件，例如生物医学传感器和内窥镜，它们可能比现有的产品更小且更复杂。光波导在650~700nm的光谱范围内，其传输损耗仅为0.03dB/cm，这意味着在信号发生不可接受的降级之前，基于光的信号可以在新型波导中穿过10cm或更长。

研究人员通过优化激光直接写入来制作新的波导，这种微加工方法通过将光敏化学品与精确定位的聚焦激光聚合，来创建具体的3D结构。聚合反应将称为单体的相对较小的分子转化为较大的链状聚合物。他们使用飞秒钛宝石激光器调谐至680nm中心波长，并以80MHz的重复频率和140fs的脉宽发射脉冲。使用数值孔径（NA）为0.7的显微物镜，写入速度在0.5~1.5mm/s之间，研究人员估计物镜焦点处的峰值强度约为$2\times10^{12}W/cm^2$。

新方法不需要光引发剂，光引发剂通常用于有效吸收激光并将其转化为引发聚合的化学能。“通过不使用光引发剂，我们简化了制造工艺，并增强了最终设备与活体组织的兼容性，”研究团队成员Ye Pu说，“这种增强的生物相容性，可以使这种方法用于制造可植入的传感器和装置。”

为了实现有效约束光的小型光波导，构成波导的材料的折射率与周围PDMS的折射率之间，必须存在很大的差异。研究人员将苯乙炔加载到PDMS中用于波导（通过将PDMS浸泡在液体苯乙炔中），因为与过去使用的材料相比，苯乙炔一旦聚合就具有更高的折射率。

多光子吸收

聚焦的超快激光脉冲会在材料中引发多光子吸收。多光子激光直写能比单光子工艺产生更精细的结构，因为每个写入点的聚合体积要小得多。使用多光子激光直写，还允许研究人员在没有光引发剂的情况下，直接引发苯乙炔聚合。然后通过加热PDMS，将任何未聚合的苯乙炔蒸发掉。

“据我们所知，这是有史以来在PDMS中创建的最小的光波导，”Pu说道，“例如，我们的柔性波导可以集成到微流体芯片实验室系统中，以消除执行血液测试所需的较大的外部光学元件。它们还可以为可穿戴设备提供照明，例如带有显示屏的衬衫。”

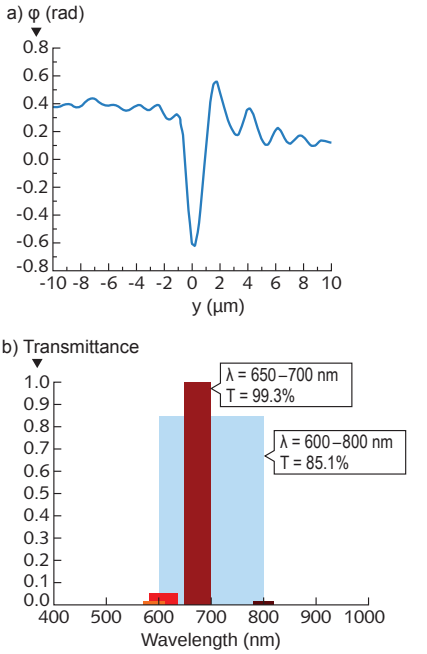


图1：激光写入柔性波导提取的平均相位轮廓（a）表明，芯和包层之间的折射率差约为0.06。研究人员通过测量不同长度波导的传输来获得波导透射率；对于波长为600~800nm（浅蓝色）、570~613nm（橙色）、582~635nm（红色）、650~700nm（棕色）和780~820nm（黑色）的波长，给出了1cm长度下不同波长的实验透射率。

新的柔性波导也可以作为光子印刷电路板的构建模块。研究人员正在努力开发一种控制系统，该系统有助于避免激光写入过程中的材料损伤，进而来提高制造工艺的产量。

他们还计划在PDMS中创建一系列窄波导，可用于构建直径<1mm的非常灵活的内窥镜。“这种小型、机械灵活的内窥镜，可以对身体中许多难以触及的部位进行成像，以便在诊室进行诊断，或者用于微创手术中的监测。”Ye Pu说。❑

AMTS

Automotive Manufacturing Technology & Material Show

上海国际汽车制造技术与装备及材料展览会

Shanghai International Automotive Manufacturing Technology & Material Show

材料 Materials | 设计 Design | 工艺 Processing | 装备 Equipment | 质量 Quality | 装配 Assembly | 工程 Engineering | 服务 Service



汽车工程领域国际盛会
观众预登记 火热进行中

激光工程展区
聚焦集成化激光智能制造及柔性加工系统在汽车行业的应用

SINCE 2004

15th ANNIVERSARY 2004-2019

2019.07.03-06

上海新国际博览中心

W1,W2,W3,W4,W5,E1,E2,E3馆

Reed Exhibitions® Hengjin
励进展览(上海)有限公司

扫码预登记
免50元门票费

86-21-22317380 amts-visitor@reedhengjin.com www.shanghaiAMTS.com

光束控制

非机械片上波导器件控制中红外光束

文/Gail Overton

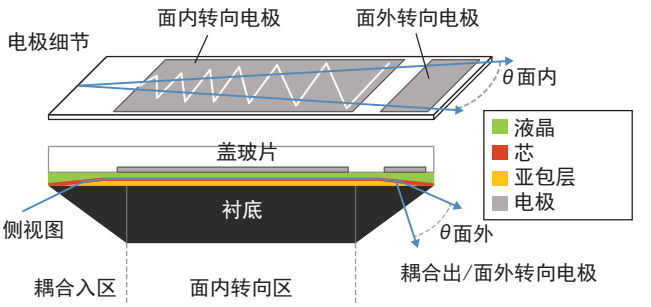
用于转向光束的机械装置，例如万向镜或旋转的 Risley 棱镜，通常容易受到疲劳和机械故障的影响，并且也会受到大尺寸、大重量和高功率（SWaP）要求的困扰。为了避免这些缺点，美国海军研究实验室（NRL）的研究人员已经设计了一种电压控制的非机械光束控制装置，其可以在二维方向上传输中波长红外（MWIR 或中红外）光束。[1] 这种固态中红外光学组件依赖于液晶包层光波导。

没有移动部件

与机械装置相比，集成光学组件的美妙之处在于其固态的牢固特性，以及小型化适应性。虽然其他非机械装置，如空间光调制器（SLM）、光学相控阵（OPA）和偏振光栅（PG）装置可以提供光束转向，但所有这些都是有限制的，并且在固定波长下工作，具有固定的转向角和 / 或有限的功率传输能力。基于美国 Vescent Photonics 公司首次提出的一种架构，该 NRL 的装置被称为可操纵的电子倏逝光学折射器（SEEOR），它在 3~5μm 的波长范围内，能以平面内 14°、平面外 0.6° 连续控制中红外光束。

为了制造 SEEOR，首先将多个薄膜波导层应用于 48.5mm 长、14.5mm 宽，刻面（3mm 长，39° 角）2.75mm 厚的掺杂硅衬底上。波导亚包层的折射率低于衬底或芯的折射率，并且在 SEEOR 的耦合入和耦合出区域为锥形（见图 1）。光以 Ulrich 耦合器配置，耦合进入或离开平板波导的刻面区域并传输到芯，该芯由硫系玻璃（包含一种或多种“硫属”元素：硫、硒和碲作为主要成分的无定形半导体）组成，组分硒化砷（As_2Se_3）具有比硫化砷（As_2Se_3）亚包层更高的折射率。

芯、亚包层和衬底可以在整个中红外光谱中传输光束。波导的顶部包层是液晶（LC）层，位于芯和电极图样的盖玻片之间。在芯以及盖玻片的电极侧的顶部是几纳米厚的 LC 对准层，诱导棒状 LC 分子对准。当在顶部电极和作为底部电极的衬底之间的 LC 上施加电压时，它使 LC 分子重新定向，改变波导中的有效折射率并因此操纵光束。为了测试器件的操作，由准直光学元件调节的 4.6μm、40mW 量子级联激光器（QCL），从自由空间中耦合到 SEEOR 的输入面。



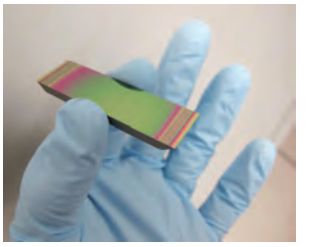


图1：全光学装置（插图）在包含波导、液晶和耦合光学元件的光学芯片内，以二维方式传输中红外光束。

当电压施加到盖玻片上的面内和面外电极时，光束被红外相机捕获。通过进行转向电压高达 500V 的实验，证实了前文提到的光束转向能力。

为了增加面内和面外转向能力和传输，可以对传播长度、刻面角度优化以及电极设计修改进行优化，或在表面上镀减反射膜层。“开发这种 MWIR 光束控制技术，需要我们解决一系列具有挑战性的问题：新的波导设计和制造技术，新的 LC 成分，新的 LC 对准技术，所有这些都必须与中红外光兼容。”NRL 特种波导部门负责人 Jesse Frantz 说，“我们希望看到 NRL 的 MWIR SEEOR 技术取代机械光束控制器，特别是在 SWaP 成为大问题的情况下。举例来说，考虑用小型无人机测量甲烷泄漏的情况。它不能承载大的有效载荷，但转向中红外光对于这种应用至关重要。”❑

参考文献

1. J. A. Frantz et al., J. Opt. Soc. Am. B, 35, 12, C29–C37 (2018).

光纤激光器

具备温度稳定性的超窄线宽布里渊光纤激光器

文/Gail Overton

为了实现精密光谱学和计量学应用中的 1Hz 或更小的超窄激光线宽，典型的超低膨胀（ULE）腔体稳定激光器能够满足线宽要求，但由于其体积较大（约 $1m^3$）以及对振动较为敏感，因此无法满足便携式应用的需求。最近，麻省理工学院（MIT）林肯实验室的研究人员在高 Q 值谐振器中，结合了光纤激光器结构的固有坚固性和受激布里渊散射（SBS），已经在能够提供内置温度稳定性的便携式封装中，实现了超窄线宽激光。[1]

高Q值温度稳定性

高 Q 值、温度稳定的激光腔由两个独立的正交偏振泵浦激光信号组成，信号发送到单个谐振器，产生两个正交偏振 SBS 信号。该装置中的元件包括相位调制器和半导体光放大器（SOA），用于将功率放大到 15mW 左右（见图 1）。然后，这两个信号后向通过环行器，它们的拍频成为温度校正信号。

监测泵浦光并使其稳定到腔谐振，并将光纤谐振器固定到放置在减振泡沫上的铝块上，以保持光纤的牢固并使系统与工作台的振动隔离。

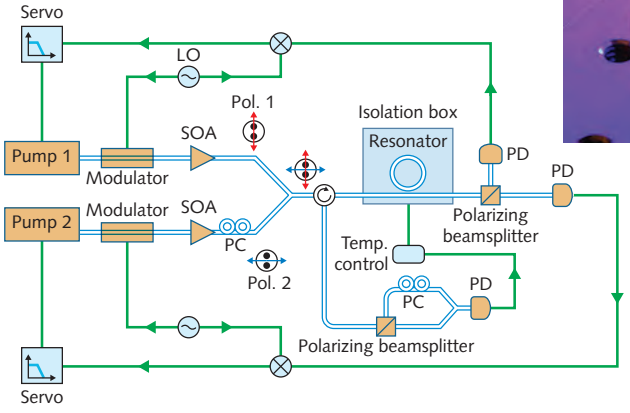
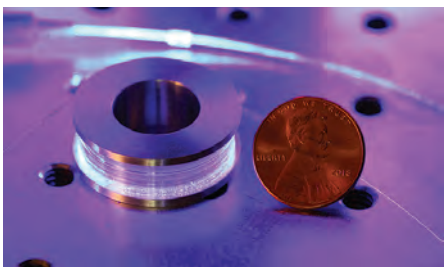


图1：图中显示了采用独立泵浦激光器和受控耦合方案的SBS激光设置，线宽进行了优化，谐振腔（见插图光纤环路）耦合比约为1.3%。

为了控制谐振器的耦合比以产生超窄线宽激光，控制谐振腔中两根抛光光纤之间的横向偏移。耦合比时约为 1.3%，出现最窄的激光线宽；但是研究人员使用 5.6%的耦合比，来最大化输出功率，并且不牺牲激光线宽（对于相当宽的耦合比范围，这是大约 20Hz 的半高全宽）。光纤的较长长度和大模场直径，从根本上增加了光学模式的体积。

通过基于偏振的温度传感技术，实现了 SBS 激光器的长期频率漂移的显著降低（在石英玻璃中 1℃的温度漂移，频率漂移约为 1.65GHz），其中先前描述的拍频信号的频率变化，对应于光学谐振器中的直接温度变化。通过电阻加热器实现温度稳定，即通过增加或减少施加到电阻加热器的电流，将热量施加到光纤，以保持 SBS 拍频恒定。

与标准 SBS 激光器相比，温度稳定的 SBS 激光器能显著改善对温度扰动的抑制，并允许校正小至 85nK 的偏移。此外，该设置中的许多组件可以集成在片上形式中，以用于紧凑的组装和便携式应用。



“基础和应用科学的许多应用，如光学原子钟、引力波探测和先进激光雷达，从根本上依赖于极高频率精密度的激光器，”MIT 林肯实验室的科学家 William Loh 说，“为了最终将这些系统转换到实际应用场景中，一个关键步骤是使稳定的激光源小型化、并且不降低其精密度。通过推进这种 SBS 激光技术，我们的目标是缩小体积庞大的科学级 ULE 腔稳定激光器与当今存在的其他激光技术之间，在性能上的巨大差距。”❑

参考文献

1. W. Loh et al., Optica, 6, 2, 152–159 (2019).

特种光纤

用于光纤激光器中的特种无源光纤

文/长飞光纤光缆股份有限公司

随着中国制造业的快速发展，光纤激光器市场迅猛增长。在工业加工领域，波长为1μm的掺镱光纤激光器具有非常广泛的应用，如激光打标、激光焊接、激光切割等。在光纤激光器系统中，除了核心的有源光纤外，还涉及到多种无源光纤，例如光纤光栅和光纤隔离器中的无源匹配光纤、光纤合束器中的无源匹配光纤和无源多模大芯径能量耦合光纤、激光传能组件中的无源多模大芯径传能光纤等各类无源光纤。

图1所示是某类常用光纤激光器的原理图，其中泵浦尾纤常用的无源光纤型号有105/125-0.22NA、135/155-0.22NA和200/220-0.22NA等；无源匹配光纤，其型号与所匹配的有源光纤型号相对应，常用的型号有：10/130-0.08NA、20/130-0.08NA、14/250-0.07 NA和20/400-0.065 NA等。

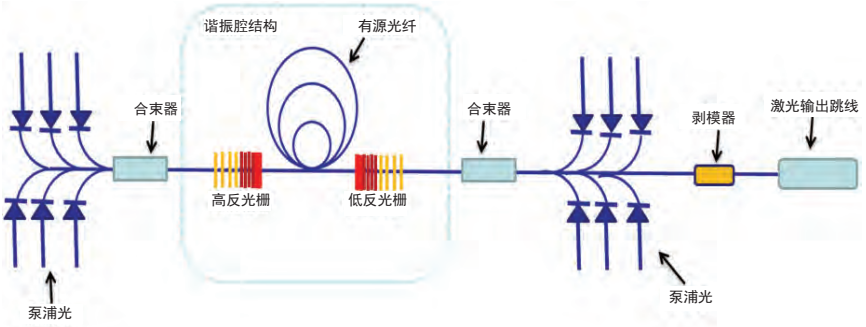


图1：光纤激光器模型。

长飞全系列无源光纤产品

长飞光纤光缆股份有限公司（以下简称长飞公司），经过多年的技术积淀、平台建设和产品研发改进，基于MCVD平台，在国内首次采用CDS鳌合物和铝磷镱三元体系掺杂工艺，成功开发出定位于低功率光纤激光器的125μm系列大模场双包层掺镱光纤和定位于中高功率光纤激光器的14/250、20/400系列双包层掺镱光纤。

与此同时，长飞公司基于独特的PCVD核心技术，还成功开发了一系列无源匹配光纤和大芯径光纤。

通常光纤激光器具有良好的光束质量，其光束质量M^2一般小于1.5，同时高功率激光传输还要求光纤具备较大的模场面积，这些都对激光在光纤内的传播模式提出了要求。因此，无源匹配光纤的纤芯直径、数值孔径等关键波导参数需要控制得非常精确，从而达到对光纤模式的精确控制。长飞公司无源光纤产品的技术特点在于：

1) 发挥PCVD工艺优势，实现对光纤波导参数的精确控制；

表1：各型号无源匹配光纤参数指标

产品类型	GDF_DC 10/13	GDF_DC 20/130	GDF_DC 30/250	GDF_DC 25/250	GDF_DC 14/250	GDF_DC 25/400	GDF_DC 35/400	GDF_DC 20/400	GDF_DC 20/400 (L)
纤芯数值孔径	0.080±0.01		0.065±0.005	0.085±0.005	0.07±0.005	0.11±0.005	0.11±0.005	0.065±0.005	0.12±0.01
包层数值孔径	≥0.46								
包层直径(μm)	130.0±2.0		247.0±3.0			400.0±5.0		395.0±5.0	
芯层直径(μm)	11.0±1.0	20.0±1.5	30.0±2.0	25.0±1.5	14.0±1.5	25.0±1.5	35.0±1.5	20.0±1.5	
涂层直径(μm)	245.0±10.0		395.0±15.0			550.0±15.0			

表2：包层传输效率结果

泵浦光功率(W)	水煮前光纤功率(W)	水煮后光纤功率(W)	水煮前光纤传输效率P_1(%)	水煮后光纤传输效率P_2(%)	传输效率变化P_2-P_1(%)
8.34	8.25	8.02	98.92	96.16	-2.76

表3：器件可靠性相关指标

器件	试验项目	判定依据	结论
光纤合束器	高温高湿储存	泵浦效率>93%；信号光损耗＜0.3dB；隔离度>30dB	合格
	高低温循环储存		合格
光纤光栅	高低温循环储存	△反射率≤2%；△中心波长≤0.1nm；△带宽(3dB)≤0.1nm	合格
	高低温循环储存		合格
	低温储存		合格
	拉力测试	≥0.45kgf	合格

表4：大芯径传能光纤系列产品

产品类型	SI 135/155-0.22NA	SI 100-120-360-650E	SI 200-220-360-650E
纤芯数值孔径	0.22±0.01	0.22±0.01	0.22±0.01
包层数值孔径	≥0.46		
芯层直径(μm)	135.0±1.5	102.0±2.0	204.0±4.0
内包层直径(μm)	---	123.5±3.5	225.0±5.0
外包层直径(μm)	155.0±1.0	367.5±7.5	
内涂层直径(μm)	---	460.0±14.0	
外涂层直径(μm)	320.0±20.0	650.0±33.0	

2) 通过大棒工艺路线，有效实现了光纤优异的几何指标和批次一致性；

3) 光纤低折射率涂层具有良好的可靠性，有效实现了双包层光纤结构，有利于提高泵浦光的利用率，并使得在苛刻环境下，光纤仍具有良好的机械与环境可靠性。

指标与性能

长飞公司全系列无源匹配光纤产品，覆盖了纤芯直径从 10~35μm、内包层直径从 130~400μm 的几乎所有主流型号，能够满足不同功率级别的各种器件制备对核心光纤物资的需求。表 1 列出了长飞公司主流型号的无源匹配光纤的产品指标。

长飞公司的无源匹配光纤具有如下优势：

1) 完全兼容主流型号的有源光纤，熔接损耗低；

2) 具有良好的几何指标，如 130 系列光纤的芯包同心度小于 0.7μm，250 和 400 系列光纤的芯包同心度小于 2μm，包层不圆度均小于 0.5%。良好的几何参数能够有效地保证光纤的接续质量和器件的生产效率；

3) 光纤可靠性高，通过采用高可靠性涂料技术，使得光纤的剥离力在 1.6~3.2N 的合适区间，并通过了严苛的高压水煮实验（126℃，1.5 个大气压，24 小时），测试包层传输效率结果见表 2。

长飞公司的无源匹配光纤已经通过了国内数家器件厂家的验证，表现出了良好的性能指标。例如，采用长飞公司的 10/130 系列无源匹配光纤所制备的光纤合束器与光纤光栅，均已通过相关可靠性验证，指标均符合实验设计要求，见表 3。

另一方面，在泵浦光源的输出端、合束器以及在光纤激光器的输出端，需要用到大芯径高数值孔径的光纤。长飞公司利用 PCVD 工艺，实现了高浓度的氟（F）掺杂，成功制备了 NA 达到 0.22 的光纤预制棒。结合涂料技术和大尺寸光纤拉丝技术，成功实现了一系列多模大芯径传能光纤产品，比 如 135/155-0.22NA、100/120/360-0.22NA 和 200/220/360-0.22NA 等型号，并已成功应用于高功率泵浦尾纤、QBH 传能组件等场合。

展望

同有源光纤一样，特种无源光纤也是光纤激光器中的关键部分。国内光纤激光器产业正处于高速发展时期，对高端特种光纤国产化的需求明确，并且日益增强。随着激光器功率的不断提高，对于光纤的性能要求也越来越高，掌握核心的光纤设计技术、光纤预制棒制备技术、特种涂料技术、光纤拉丝技术和光纤测试技术，是实现高可靠性无源特种光纤的必备保障。❑

超快钻孔

超快激光技术每秒钻出 12000 个直径 1μm 的孔

文/John Wallace

超快激光材料加工技术的创新，使得这项先进的激光加工技术可以应用于诸如消费电子产品等众多工业领域。现在可以使用多个 100W 的超快激光器，来进一步拓展很多加工过程。

当前的主要挑战是开发新的光束引导和加工概念，以在工件表面分布较大的平均输出功率。目前，这种加工技术的主要局限性在于：高重复频率的激光系统需要速度高达 1000m/s 的扫描头；而具有高脉冲能量的激光系统需要新的分束和整形概念来分配能量。

多光束概念

为了更好地利用脉冲能量，一种选择方案是多光束概念，其中包括将一个激光束分裂成多个激光束。德国弗劳恩霍夫激光技术研究所的一个团队，自 2012 年以来一直在研究这项技术。从那时起，专家们已经学会了如何为特定应用使用衍射光学元件（DOE），其中会在微结构和纳米结构中使用 200 多个光束，使他们能够在亚微米范围内获得精确的结果。

对于 DOE，研究人员使用了一种结构化表面，该结构化表面是利用湿化学技术以极高的精度蚀刻在玻璃上的。因此，与基于液晶调制器的动态光束整形方法相比，DOE 的静态光束分布更加精确、可靠。

为了实现有效的材料加工，激光束被 DOE 转换成具有许多平行光束的光束矩阵。利用扫描头系统和 f-theta 光学元件，平行光束将聚焦到工件上，并且可以沿着所有可能的路径在工件上移动。

每秒钻出12000个精密孔

在厚度为 10~50μm 的金属薄膜上钻孔时，多光束技术证明了其价值。传统方法如蚀刻需要准备工作和返工，而激光钻孔则不再需要这些工作。多光束技术适用于周期性结构，需要光滑、平坦的表面。

在微钻孔加工过程中，弗劳恩霍夫激光技术研究所的团队已经获得了极高的精度。利用他们新开发的多光束系统，研究人员能够制造出直径小于 1μm 的精密孔。孔与孔之间的间距可以缩小到几微米。为了提高钻孔速度，研究人员使用了一个能产生 200 多束光束的 DOE。通过这种方式，研究人员已经在每秒钟内成功地钻出 12000 多个孔，每个孔的直径小于 1μm。

目前，研究人员的目标是在不损失任何钻孔质量的情况下进一步提升钻孔速度。在不久的将来，预计可以实现每秒 20000 个孔的钻孔速度。

除了正确的加工技术问题外，在过去的几年钟，另一个问题也引起了人们的注意：超快激光的“冷”烧蚀，

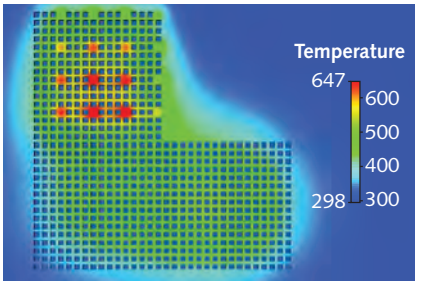


图1：超快激光多光束加工过程中的热传输模拟。（来源：德国亚琛弗劳恩霍夫激光技术研究所）

这是一种几乎不在材料中产生任何热量的单光束加工过程，对于大规模并行工艺来说，这是一个相当棘手的问题。在高重复频率、高脉冲能量和孔间距离较短的情况下，有必要使用定制的热管理技术来优化加工策略，否则将会形成与加工相关的热损伤区域。

自 2012 年以来，弗劳恩霍夫激光技术研究所的科学家们一直在成功地解决这个问题，并将多光束加工的热管理定义为他们研究的重点领域。

世界各地的许多研究小组，已经通过实验和模拟研究了这个问题，并开发出了不同的解决方法。弗劳恩霍夫激光技术研究所的研究人员优化了单孔钻孔工艺和多光束加工工艺。在这些加工工艺中，沉积的激光功率不得超过的最大值，取决于材料和目标几何结构。

利用这种技术，可以经济地生产出金属表面过滤器，其中某些颗粒可以选择性地彼此分离，例如多抗性细菌或微塑料的水过滤器以及生物技术中的许多其他应用。缩微胶片的使用对食品工业而言也很有吸引力，例如在无菌过滤领域。其他可能的应用包括过滤 PM 等级为 10 到 1 级的细粉尘，或在医疗技术中机械分离白细胞和红细胞。❑

AMA 2019
AUTOMOTIVE MANUFACTURING & INDUSTRIAL ASSEMBLY EXPO

集结精良装备 创高品质汽车之源

2019武汉国际汽车制造暨工业装配博览会

时间:2019年8月28-30日　地点:武汉国际博览中心

★主办单位:

湖北省机械行业联合会

湖北省模具工业协会

湖北省激光行业协会

武汉市汽车行业流通协会

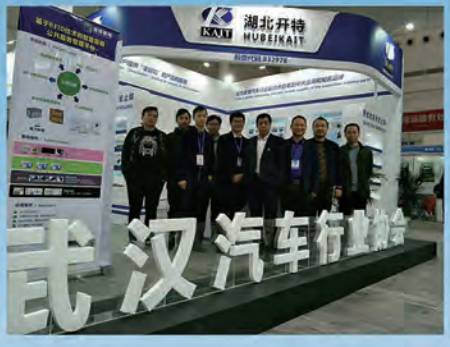
武汉市汽车行业协会

武汉经开区（汉南区）汽车及汽车零部件行业商会

★组织单位:

北京亚太瑞斯会展服务有限公司







35000m² 展出面积　50000人次专业观众　15场行业论坛

背靠武汉“打造汽车之都”历史使命

恰逢“一带一路和中部崛起”新时代机遇

创导会展新模式，源头转化影响力

万亿市场，邀您分享

★大会网址：www.whciame.com

电话：010-52338172

赵伟：18600031828　在线QQ:3037034005

立足自身特色，全面打造中国激光芯

——访长光华芯首席技术官兼常务副总王俊

致力于打造中国激光芯

“随着激光行业的发展，国内对于高功率半导体激光芯片有着巨大需求。但这一核心领域却长期被国外的顶尖公司垄断，并且有着严格的出口控制。”长光华芯首席技术官兼常务副总王俊在接受采访时表示，“长光华芯选择做芯片的目标就是打破这个格局，为国内用户提供性能优异且质量可靠的国产‘芯’。”。长光华芯的使命和经营目的就是中国激光芯，光耀美好生活。

在高功率半导体激光器的研制和生产方面，国产半导体激光芯片的功率和寿命与国外先进水平有较大差距的主要原因在于外延生长技术、腔面钝化技术以及器件制作工艺水平的不足。因此，长光华芯的首要目标就是攻克这几个挑战，在外延结构设计方面，采用非对称超大光腔波导结构设计，降低内部损耗，提高效率、功率与亮度；在腔面膜处理方面，采用腔面钝化处理技术和窗口结构，有效降低腔面表面复合和腔面温度，提高芯片腔面灾变（COMD）水平。

目前长光华芯已经累计销售激光芯片 400 万片，是全球少数几家能够研发并量产高功率半导体激光器芯片的公司之一。

发力VCSEL芯片

随着苹果以及各大手机制造商在手机中增加 3D 传感功能，引爆了市场对 VCSEL 的需求，长光华芯自然不会放过这个巨大的市场。

王俊介绍说，VCSEL 的生产工艺与长光华芯已有的高功率半导体芯片（边发射半导体激光器 /EEL）的生产工艺（特别是外延）是兼容的，而且 VCSEL 更容易量产，因此在相似生产工艺和平台的基础上，长光华芯的 VCSEL 研发进展迅速。

除了外延，还需要精确地控制氧化速度，使 VCSEL 谐振腔体保持良好的一致性。这对实现 VCSEL 阵列精确的光电特性至关重要，长光华芯在氧化工艺研发过程中遇到了氧化片内不均匀的问题。“我们主要从两方面来解决这个问题：一方面是依托自身完整的工艺平台，研究外延组成分布、氧化温度场、气流场等工艺参数对氧化孔径的影响，从而提高氧化的均匀性；另一方面，公司也购买了业内知名厂家的氧化炉设备，来进一步解决量产需求下的氧化工艺的精确控制。”王俊说道。



长光华芯首席技术官兼常务副总王俊

在量产上，长光华芯已经建成外延、流片、测试、封装等完整的工艺环节产线，3 寸和 6 寸产线都已建立完成，保证了 VCSEL 的批量供货能力和安全。

目前 VCSEL 主要应用于光通信和消费类 3D 传感领域，其中 3D 传感应用越来越多，包括人脸识别、自动驾驶、智能安防、AR/VR 等领域都很有应用前景。这是由于 VCSEL 在技术和成本上有明显优势，如相比于 LED，VCSEL 具有更高的光电转换效率，更易调整发散角度；相比于 EEL（边发射），VCSEL 的阵列线宽较窄且波长对温度漂移较小，尺寸紧凑，可靠性也更高。这些特点非常适合于手机等的小型移动设备。而在成本和批量生产上，VCSEL 更具优势，相较于 EEL（边发射），如 VCSEL 在点测环节可以进行晶圆级别的测量。未来，在获取物体或场景的深度信息应用中，VCSEL 的应用会越来越广。

立足自身特色，横向纵向共同发展

虽然在激光芯片的研究与制造方面，长光华芯相比于国外厂商起步晚，在技术积累方面也存在差距。但是长光华芯拥有从芯片设计、MOCVD（外延）、光刻、解理 / 镀膜、封装测试、光纤耦合、直接半导体激光系统等完整的工艺平台和量产线，而这些工艺流程在国外的分工会比较细，很少有这么完整的工艺平台在同一家公司出现。

“长光华芯的平台比较全面，垂直集成度很高，我们的发展战略是‘一平台，一支点，横向扩展，纵向延伸’。”王俊说，“依托现有的高功率半导体激光芯片支点，横向

扩展高效率半导体面光源 VCSEL 芯片和高速光通信半导体激光芯片，纵向发展直接半导体激光系统。”

直接半导体激光器在材料加工领域的应用，将是增长很快的一个市场。半导体激光器凭借体积小、效率高、可靠性高、寿命长、性价比高的特点，加之亮度的不断提高，在材料加工方面的应用将越来越广，特别激光焊接应用，它将是继打标、切割之后即将爆发发展的下一个风口，前景可观。

“长光华芯的整体发展规划是横向扩展、纵向延伸，直接半导体激光器是我们高功率半导体激光芯片纵向延伸的战略之一，长光华芯高功率激光芯片支点为我们往下游纵向延伸直接半导体激光器的应用奠定了良好的基础和开端。”王俊说道。

目前长光华芯的芯片主要用作光纤激光器、固体激光器、直接半导体激光器中的核心器件，涉及的行业应用领域包括光通讯、工业材料加工、医疗美容、激光雷达传感、消费电子等。

对于今后的发展，王俊表示，人才是半导体激光芯片企业发展的一大挑战，这是一个高技术人才密集型、高技术密集型、资本密集型的领域，留住人才至关重要。在这方面，长光华芯的做法是让合适的人才承担重大项目，在事业上有长远发展，并辅助以环境、待遇、制度等方面的措施。❑

应用引领发展，创新成就未来

—第十四届慕尼黑上海光博会圆满落幕

3 月 20-22 日，亚洲激光、光学、光电行业盛会—第十四届慕尼黑上海光博会在上海新国际博览中心隆重举办。 本次展会共吸引了来自 26 个国家和地区的 1,177 家企业参展，展示面积达到 60,750 平方米，参观人数迎来了新的高峰，三天共接待了 65,705 名专业观众莅临参观，较上届增长 17.6%，为展会历史之最。

建全产业链平台，聚焦光电智造

慕尼黑上海光博会与中国激光光电行业共同发展，围绕产业上下游建立起了较为完整的采购供应体系，涉及激光器与光电子、光学与光学制造、激光生产与加工技术、成像，机器视觉，检测和质量控制（含红外技术与应用产品）五大专题，并以此为基础，面向国家重大需求，催生且带动了各领域的工艺升级。随着制造业转型升级。未来对生产工艺的新要求将促使光电技术的渗透率不断提升。在彰显中国制造蓬勃发展的同时，展会还吸引了来自德国、瑞士、美国、日本、韩国、立陶宛、中国台湾的七大展团齐聚申城，及 26 个国家和地区的行业高科技企业。

汇集首发新品、聚焦中国力量、光电产业势头强劲

2019 年展会引领创新，追求深耕应用，近 1,200 个备受瞩目的新品在展会发布，其中不乏应用在新能源汽车、激光雷达、生物医疗、5G 可折叠屏、智能自动加工应用领域的多项领先技术和产品，在展会现场，部分优秀展示吸引了观众的驻足关注，充分显示了对光电产业而言，中国工业生产市场日益增长的重要性。慕尼黑上海光博会也为中国光电应用寻求新的商机提供了展示平台。

智慧有你，非凡视界

机器视觉作为人工智能必不可少的一个分支，正在飞速发展，并引领时代的进步。展会同期举办上海国际机器视觉展览会暨机器视觉技术与工业应用研讨会（Vision China），聚集了近 300 家来自全球 19 个国家和地区的机器视觉生产企业携新品参加，展览面积超过 15000 平米。3 月 20 日，Vision China Shanghai 参展商晚宴现场发布了 2018 年度机器视觉市场报告，2018 年机器视觉产业销售同比增长 21%，并预测 2019 年到 2021 年年复合增长率将达到 23.5%。第二届 VISION 产品创新大奖也于当晚在晚宴上公布。该奖项旨在表彰机器视觉领域的杰出创新产品。持续两天半的机器视觉技术及工业应用研讨会发布了 27 场来自国内外企业的新品技术报告，陆续迎来了 1347 名专业参会代表!

下届慕尼黑上海光博会将迎来第十五周年庆，并于 2020 年 3 月 18-20 日在上海新国际博览中心举办。

媒体联系：慕尼黑展览（上海）有限公司
联系人：吴秋姝
电话：021-20205657
邮箱：sue.wu@mm-sh.com

通快千瓦级连续绿光激光器角逐电动汽车市场

电动汽车市场的快速发展，为这个产业链上的各级制造商们提供了新的机遇。铜作为电动汽车中重要原材料之一，从电机到动力电池的正极材料、再到各种连接线，很多地方都要用到铜。相比于传统燃油车，电动汽车中铜的使用量是前者的几倍。同样，在电动汽车制造过程中，有很多地方需要进行铜焊接。

然而，铜的焊接一直以来都是一项非常具有挑战性的任务。众所周知，铜对绿光的吸收率较高，但过去由于绿光源的功率较小，尚不足以用于工业生产制造。

在 2019 年 3 月的慕尼黑上海光博会上，通快公司举办了其新一代绿光碟片激光器 TruDisk1020 的全球首发活动，专门为铜焊接带来了全新的解决方案，并借此为电动汽车制造领域注入新的力量。

“通快本次展会的主题是‘激光技术制造电动汽车，驶向未来’。我们这次展会的重点是电动汽车。当前汽车行业的快速转型，一方面需要可靠的生产技术，另一方面也需要创新的解决方案。”通快激光技术部首席执行官 Christian Schmitz 博士表示，“通快为电动车领域所销售的激光器，已经超过销售给内燃发动机生产线上的数量。在通快近期的汽车行业订单中，20% 来自电动汽车领域，较去年大幅增加。今天，我们就全球首发适用于电动汽车制造的绿光激光器 TruDisk 1020。”

千瓦级连续绿光激光器TruDisk1020



TruDisk 1020 为铜等高敏背反射材料的焊接提供了有效解决方案。TruDisk 1020 提供 515nm 的绿光输出，连续输出功率可达 1kW。

“绿光波长激光已被证明是铜焊接的理想方法。在焊接电池和电子设备中的电子元件时，铜表面上的瞬间吸收结合稳定的工艺是非常大的优势。由于没有飞溅，我们可以焊接预先组装的电子元件而不会出现短路的风险。”通快中国激光技术部总经理 Volker Kuehnle 介绍说，“我们选择在中国全球首发这款产品，也表明了通快对中国市场的重视。”

他补充说，通快致力于提供电动汽车零部件激光焊接解决方案，其解决方案能提供如下优势：稳定的功率输出实现可靠的焊接效果；对背光反射不敏感，适用于铜铝等高反材料的焊接；可编程扫描振镜实现灵活的焊缝形式；焊接精度和焊接速度都上了新台阶，有助于用户提高生产效能。

中国市场举足轻重

截止于 2018 年 6 月底的 2018 财年，通快集团销售额大幅增长约 15%，实现了公司历史上最好的业绩。

“中国市场在通快集团中占据了前所未有的关键地位。在过去的财年中，通快中国的营业额达到 3.01 亿欧元，同比增长 15.3%。我们的订单总额达到 3.15 亿欧元。”通快中国总裁杨刚博士表示，“激光业务部门的订单实现了 40% 的同比增长，这也体现了激光业务对于我们的重要性。”

但是在当下的财年，通快面临的宏观经济形势依然严峻。尽管挑战重重，杨刚表示通快仍有自信实现稳固的销售增长。信心背后的支撑是核心技术与服务和发展规划。

“首先，我们能为核心行业提供广泛多样的技术工艺。TruDisk、TruLaser Cell 和 TruMicro 等核心产品，能很好地服务汽车和消费者电子等关键市场。我们相信这两个行业将在不远的将来实现强势增长，我们也将从中受益。”杨刚表示，“其次，我们的激光应用中心拥有仅次于德国总部的强大实力，可以与客户一起开发特定的应用解决方案。最后，通快集团将继续在中国投资基础建设，通快中国将在三期建设中再投入 6700 万元，以满足客户在工业 4.0 解决方案方面的培训与资质认证需求。通快中国已做好充分准备，为客户提供创新的解决方案，与他们共同成长。”❑

专注于激光精细加工和创新应用

CIOE
中国国际光电博览会
CHINA INTERNATIONAL
OPTOELECTRONIC
EXPO

第21届
中国国际光电博览会

激光技术及智能制造展
Lasers Technology & Intelligent Manufacturing Expo

2019年 **9月4-7日** 深圳会展中心

展品范围

激光材料、激光组件及装置、激光器、激光设备、
激光特种应用、高端智能装备、3D打印/增材制造



110,000m² 展出面积
70,000⁺名 专业观众
2,000⁺家 参展企业
4,000⁺个 参展品牌

（数据来源：CIOE中国光博会组委会）

同期展会

- 光通信展 Optical Communications Expo
- 精密光学展 镜头及摄像模组展 Precision Optics, Lens & Camera Module Expo
- 红外技术及应用展 Infrared Applications Expo
- 光电子创新展 Photonics Innovation Expo
- 光电传感展 Optoelectronic Sensor Expo

了解更多，请关注
WWW.CIOE.CN

CIOE官方微信

商业论坛

全球光学与光子学行业薪资调查一览

文/Conard Hilton

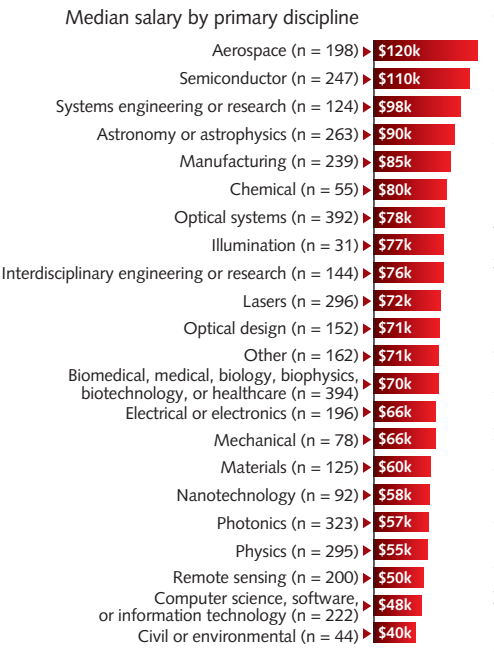


我一直对薪资调查持怀疑态度，尤其是那些我认为可以被人力资源部门用来限制我个人薪资的调查。尽管如此，我在阅读了 SPIE 最近发布的《光学与光子学全球薪酬报告》（Optics & Photonics Global Salary Report，完整报告可在 https://spiecareercenter.org/survey 上找到）后，我还是感到很高兴的。为了更好地理解这份报告，我访问了该报告的作者——SPIE 的市场分析师 Adam Resnick 先生。

这份报告中的工作描述和薪资数据，来自工作在 104 个国家的 6100 多名受访者。而我想知道，调查这一群体的主要目标是否是一种国家政策——用以描述一个高工资、创造就业机会的技术领域，以证明政府对光子学项目（如美国的 AIM Photonics 项目或欧洲的 Photonics 21 项目）的投资是合理的。但根据 Resnick 的说法，情况并非如此，他的目标（当然也是 SPIE 的目标）是向社会各阶层（包括工业界、学术界和政府部门）宣传光学和光子学领域有价值的信息。

所以，我在 Resnick 的指导下仔细阅读了这份报告。随着我的理解越来越深入，报告中的数据也变得越来越有趣。最重要的总结都是相当可预测的，它们与前八次年度薪资调查相比变化不大：光学和光子学领域全职员工的全球平均工资为 74000 美元（比前一年增长 3%），美国的入门级工资最高，平均工资约为 69500 美元，其次分别是德国（62700 美元）、加拿大（39600 美元）和韩国（31200 美元）。总体而言，男性的平均工资比女性高 29%，尽管在职业生涯的早期阶段，男性和女性的平均工资差距较小；航空航天领域仍然是薪酬最高的行业（如图）。

Resnick 表示，对他而言，一个惊喜是中国光学和光子学领域的工资快速增长。当然，中国专业人员工资的上涨既符合了中国经济增长的大环境，也符合了中国对工业激光器和科学研究的重视。2018 年，以人民币支付的工资与前一年持平，但是自从 2011 年以来却大幅增长了 67%。相比之下，2018 年以欧元支付的工资增长了 17%，以美元支付的工资同期增长了 11%。



对于光学和光子学从业者工资的调查，我关注的一个部分是，它将如何反映许多不同的行业以及专业技能和职位的不同层次。在报告的结尾给出了这类数据。报告中分别按照国家、教育程度、工作年限、行业、职务、应用领域、性别和雇主类型给出了详细的工资数据。例如，如果在美国担任公司高管或是高级工程师，平均工资为 139,500 美元；在德国，高管的平均工资为 102,696 美元；在日本，技术人员、操作员或实验室技术人员的平均工资为 73,675 美元。

当然，这项调查并不能回答你所有关于公平工资的问题，但是如果你正在找工作、计划谈判加薪，或者是作为企业雇主试图建立一套工资标准体系，那么这份报告可能不失为一个非常有用的参考。不管是有意还是无意，我认为这项调查也是一个很有价值的政策工具，它显示了光学和光子学从业者的高工资和高工作满意度，同时也是他们在支持着光子学公司和研究机构的发展。❑



数控机床与金属加工展

工业4.0及中国制造2025首发平台

2019年9月17-21日 国家会展中心(上海虹桥)

ufi Approved International Event



Deutsche Messe

FIERA MILANO

东浩兰生 EAST BEST & LANSHENG

www.metalworkingchina.com

欢迎垂询：021 5045 6700-222/284/246

扫一扫
关注微信公众号

LFSZ LASERFAIR SHENZHEN

中国（深圳）激光与
智能装备博览会
2019年5月8-10日
深圳会展中心

Metal+Tech FOSHAN

华南国际钣金展
2019年11月20-23日
广东潭洲国际会展中心

百超12kW光纤激光切割设备

百超推出功率达 12kW 的新款切割设备 ByStar Fiber。相比于之前的 10kW 版本，新设备的切割速度平均提高了 20%（使用氮气切割），这显著提升了 3~30mm 厚板材的生产效率。



该设备配备了新颖的切割头设计，实现了稳定的切割过程和恒定的高零件质量。新切割头的细长设计可以提高切割过程的可靠性。新切割头内集成了一些重要的技术性功能，减少了组件需求，降低了与翘起切割件碰撞的危险，同时也降低了维护和生产成本。

该设备还选配了新的“BeamShaper”功能，能以特殊的切割质量切割厚度最大 30mm 的钢材。BeamShaper 功能可以根据板材厚度和板材质量调整激光束的形状。对于 20~30mm 的板材厚度，该功能可以提高切割断面的质量，并将切割速度提高多达 20%。

百超，www.bystronic.com

相干公司ExactCut激光切割系统

相干公司适用于精密材料切割的新一代激光切割系统 ExactCut，集智能化、集成化和互连性于一体，可用于金属、合金、蓝宝石、多晶金刚石（PCD）和陶瓷的精密切割。ExactCut 为应用提供了预编程的工艺参数，能显著减少集成时间。其即用型的解决方案也为医疗设备、电子、汽车以及钟表制造业提供了高度灵活性。



ExactCut 采用最新一代脉冲光纤激光器（300W/3kW 脉冲峰值）、高稳定性的花岗岩运动模块和成熟的人机界面。智能直观的软件界面简化了参数的输入，大幅提高了生产加工及参数切换的效率。

ExactCut 具有多种转接口，便于集成到大批量生产系统中，可与专用工具、零件处理机器人和传送带等相结合。此外，ExactCut 还具有复杂的远程诊断和预测维护功能。

相干公司，www.coherent.com

安扬激光FemtoYL–100全光纤飞秒激光器

安扬激光的 FemtoYL 系列激光器基于全光纤飞秒激光器架构，采用模块化设计，适用于工业领域 7×24 小时的生产需求。其中 FemtoYL-100 能够提供 >100W 的总功率，脉冲宽度在 400fs~6ps 之间可调，峰值功率 >400MW，脉冲能量 >200uJ，重复频率在 25kHz~5MHz 之间可调，光斑模式好，高光束质量 M^2<1.3，支持 Burst 脉冲串功能，脉冲能量稳定性高。



FemtoYL-100 适用的主要应用领域包括 OLED 模组切割、全面屏切割、蓝宝石与陶瓷盖板切割、复合薄膜材料加工、半导体晶圆加工、锂电池隔膜切割以及金刚石加工等。

安扬激光，www.yslphotonics.com

诺派激光Rainbow 2000 2μm超快光纤激光器

诺派激光开发的高峰值功率 2μm 超快光纤激光器 Rainbow 2000，是其 Rainbow 系列家族的最新产品。Rainbow 2000 的工作波长范围为 1900~2100nm，脉冲宽度 <500fs（@200mW）以及 <3ps（@1W），重复频率 20~40MHz，峰值功率 >50kW。



Rainbow 2000 采用先进的一体机设计，拥有极高的稳定性，适用于多光子光谱学、非线性光学等科研应用；也适用于激光手术、激光精密加工、医疗设备生产等工业应用。

诺派激光，www.npilasers.com

手持激光焊接系统

德国 ALPHA LASER 公司的 AL-ARM 手持式激光焊接系统，主要用于修复白车身上的各种缺陷，如气孔、接缝偏移等。



该激光系统包括一个具有自动送丝功能的手持设备，送丝厚度可达到 0.6mm；还包括一个功率 450W 的光纤激光器（波长 1070nm），具有脉冲和连续波两种工作模式，能在 120mm 的焦距下提供 0.3~4.0mm 的焊点尺寸。这种轻量型手持激光焊接设备，允许在焊接过程中根据需要调整焊缝宽度。

ALPHA LASER，www.alphalaser.de

创鑫激光25kW超高功率光纤激光器

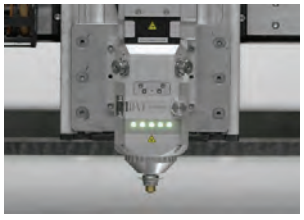


创鑫激光推出的 25kW 超高功率光纤激光器，能提供稳定的功率输出，长时间输出功率不稳定度小于 1%；并且输出光束质量好，从光束质量分布图中可见，其光束在束腰位置光斑的空间分布十分均匀，为典型的平顶高斯分布形态，适用于造船、大型机械加工、大型构架制造等领域对大型厚板材的加工需求。切割 70mm 厚的不锈钢，切割端面平滑、锥度小。

整机由多个单模块组成。每个单模块又分为光、电两个子模块、可以独立设置和现场更换；控制单元和驱动单元也可以在客户端现场更换，方便后期的升级维护。模块内部有单独的红光指示，可检测每个模块内部光路是否正常，长效保障激光器安全运行。

创鑫激光，www.maxphotonics.com

II–VI 公司15kW BIMO–FSC激光切割头



II-VI 公司最新版本的 BIMO-FSC 激光切割头，额定功率 15kW，显著提升了切割能力，能在最短的切割时间内实现最高的切割质量。

BIMO-FSC 能够通过行业领先的变焦光学器件处理 15kW 的功率，这使其能够超出行业对切割速度和切割质量的综合要求。BIMO-FSC 的高度工程创新，为激光加工头的切割性能、可靠性、可用性和用户友好操作树立了新标准。

BIMO-FSC 具有一个变焦光学系统，能够在短短几毫秒的时间内独立调节扩展范围内的焦斑直径和焦距。集成的传感器系统实现了卓越的嵌入式智能，可实现最大的材料加工精度，并提供实时服务警报。

BIMO-FSC 适用于使用高亮度光纤激光器、碟片激光器或二极管激光器的平板切割应用。

II-VI，www.ii-vi.com

多波长激光综合加工平台

ULTRA 9 平台能用于激光切割、烧蚀和表面改性加工。它的先进功能包括高精度光束定位和自动聚焦、碰撞检测和智能路径规划，适用于制造、研发、学术研究和原型环境中的精密材料加工。



ULTRA 9 平台可加工尺寸为 914mm × 610mm 的材料，能加工的材料厚度达 305mm。

ULTRA 9 平台最多可配置三个激光源，包括两台可互换的 CO_2 激光器 和一台光纤激光器。当配置三台激光器时，用户可以利用多波混合（MultiWave Hybrid）技术，使三种波长（9.3μm、10.6μm 和 1.06μm）同时组合成一个同轴光束。光束的每个光谱分量均独立控制，并且可以实时调制。用户可以针对要加工的材料选择理想的波长组合，实现最大的工艺灵活性。

ULTRA 9 平台的主要特性包括快速高精度激光束定位、自动精密聚焦、激光功率密度可调、自动化接口、触摸屏用户界面、火灾探测和灭火支持等。

Universal Laser Systems，www.ulsinc.com

Raylase用于太阳能电池加工的双轴振镜

Raylase 公司的 SUPERSCAN IV-SOLAR 双轴振镜专为高速精密太阳能电池晶圆加工而设计，可提供 110rad/s 或 200rad/s 两种速度选项。

振镜基于模块化的数字控制单元，能在高达 200rad/s 或 50m/s 的扫描速度下，实现精确扫描。使用石英扫描镜时，适用于功率高达 2kW 的应用。



主要特征：

- 高达 50m/s 的扫描速度，实现 >3600 片晶圆 / 小时的高吞吐量；
- <±15μm 的高扫描精度；
- 配备动态优化的反射镜，确保最高性能。

Raylase 为所有标准的激光器类型、波长、功率密度、焦距和加工区域提供完全可配置的镜头、保护玻璃、镜面基板和涂层。这允许以最佳的质量和优化的吞吐量处理广泛的任务。还可为用户提供定制配置。

数字控制和强大的脉宽调制输出级保证了振镜的速度和动态响应。当与 Raylase 的相机适配器和 MVC 组件结合使用时，该振镜不失为一种具有过程监控功能的理想精密工具。

Raylase，raylase.com

Advertiser	广告商名称	网址	页码
ACS Motion Control China		www.acsmotioncontrol.cn	19
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
AMIA	武汉国际汽车制造暨工业装配博览会	www.whciame.com	35
AMTS	上海国际汽车制造技术与装备及材料展览会	www.shanghaiAMTS.com	29
贝林激光		www.bellinlaser.com	7
CAMBRIDGE TECHOLOGY, A NOVANTA COMPANY		www.CambridgeTechnology.com/zh	17
CASTECH INC.		www.castech.com	27
CIOE	第21届中国国际光电博览会	www.cioe.cn	39
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/059-8619	9
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	21
Newport	理波光电	www.newport.com	1
MWCS	数控机床与金属加工展	www.metalworkingchina.com	41
PRECITEC		www.precitec.cn/products	5
SCANLAB GmbH		www.scanlab.de	13
安扬激光		www.yslphotonics.com	IBC

eFOCUS VIDEO Magazine Webcast
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 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

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
61 Spit Brook Rd, 5th Floor Nashua,
NH 03060
Group Publisher
Alan Bergstein
alanb@pennwell.com

Editor in Chief
John Lewis
johnml@pennwell.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

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

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

Amber Li (李歆)
amberl@actintl.com.hk
Tel: 86 21 6251 1200

Shenzhen (深圳)
Jenny Li (李文娟)
jennyl@actintl.com.hk

Gavin Hua (华北平)
gavinh@actintl.com.hk
Tel: 86 755 2598 8571

Beijing (北京)
Cecily Bian (边团芳)
cecilyb@actintl.com.hk
Tel: 86 10 8484 4007

Wuhan (武汉)
Sky Chen (陈燕)
skyc@actintl.com.hk
Tel: 86 137 2373 9991

Eva Liu (刘婷)
eval@actintl.com.hk
Tel: 86 138 8603 3073

Grace Zhu (朱婉婷)
gracez@actintl.com.hk
Tel: 86 159 1532 6267

Asia (亚洲)

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

Taiwan, Singapore, Malaysia (台湾，新加坡，马来西亚)
Regional Sales Director
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

North America (北美)

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

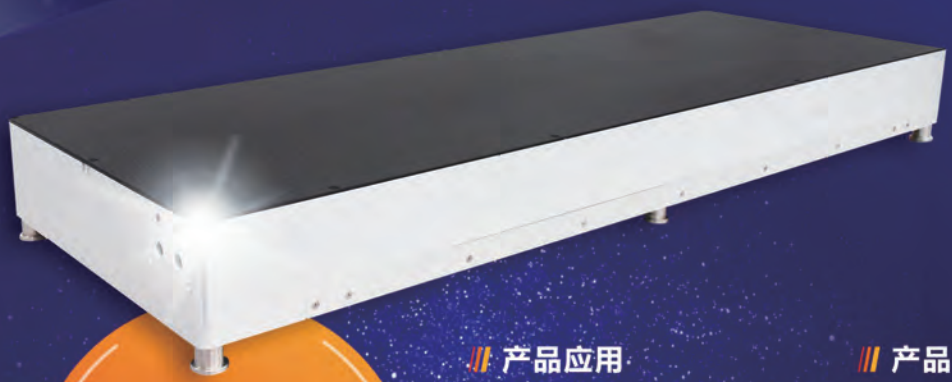
Europe & Middle East (欧洲及中东)

Europe
Holger Gerisch
holgerg@pennwell.com
Tel: 49(0)8801 9153791

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

YSL 安扬激光
Photonics

武汉安扬激光技术有限责任公司
+86 27 87204039 Sales@yslphotonics.com
www.yslphotonics.com



100W 飞秒光纤激光器

产品应用

- OLED 模组切割
- 全面屏切割
- 蓝宝石&陶瓷盖板&玻璃切割与钻孔
- 复合薄膜材料加工
- 半导体晶圆加工
- 锂电池隔膜切割

产品特点

- 平均功率 >100W
- 脉冲宽度 ~300fs-10ps(可调)
- 重复频率 25-5000KHz(可调)
- 脉冲能量 >200uJ
- 支持 PSO/POD控制
- 支持 Burst脉冲串功能

20W 超连续谱光源



产品应用

- 光电流显微检测
- 纳米光子学
- 荧光光谱与成像
- 超分辨成像（STED）
- 光学相干断层扫描（OCT）
- 光声显微成像

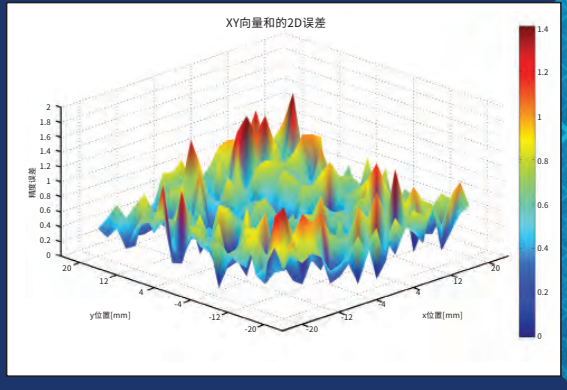
产品特点

- 总功率 >20W
- 外部触发 1-80MHz
- 波长 400nm-2400nm
- 重复频率 0.01-200MHz
- 单脉冲能量 >1.5uJ
- 单模光纤输出

在大范围内获得微米级的扫描精度

UV激光技术配合基于扫描振镜的高速光束转向系统将会带来激光微加工应用的革命性改变。透过短焦距镜头，UV激光可以实现微米级尺寸的聚焦光点，而高速和高加速度的扫描振镜可以实现材料表面的多重快速扫描。要充分发挥这种性能要求扫描振镜在工作点处具有微米级的精度。

Aerotech的AGV-HP系列扫描振镜是第一款真正意义上商业应用的能够实现大范围微米级扫描精度的扫描振镜，而且搭配Aerotech的无限视场(IFOV)技术能够进一步扩展工作区域。请登录Aerotech官方网站获取整个AGV产品线的最新产品信息。



使用标定过的AGV-14HP和100mm光圈F-Theta镜头对镀有薄膜涂层的玻璃表面进行打标后测量其中心基准点得到的2D误差曲线



AEROTECH

www.aerotech.com • +86 (21) 5508 6731