光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2017年3/4月 第2期
ISSN: 1817-6917

激光世界

LaserFocusWorld® China



8
CO_2激光器从多样化的过去走向量身定制的未来

深紫外激光微加工技术的发展 12

2μm光纤激光器促进激光应用新发展 26

为什么要重视激光安全? 30

微信公众号

ACT

PennWell®

XZQ 2007-2017 | 2017 LASERFAIR China Laser Innovation Conference

中国(深圳)激光智能制造博览会

2017年5月23–25日　中国·深圳会展中心

CHINA(SHENZHEN)
LASER INTELLIGENT MANUFACTURING FAIR
May 23–25, 2017　SZCEC · CHINA



激光追溯安全展·智能机器人展·金属智能加工展·激光技术展·3D打印产业展

同期会议：ALAT 2017 第十一届亚洲（深圳）国际激光应用技术论坛

联合主办机构: 广东省激光行业协会　中国仪器仪表学会　广东省激光产业技术创新联盟

深圳市星之球信息科技有限公司 (XZQ Laser)
Shenzhen XZQ Information Technology Co., Ltd

Tel: 86-755-2320 7500　86-769-2238 1699

中国(深圳)激光智能制造博览会官方网站

www.laserfair.cn

LaserFocusCon
激光聚会 2017

激光技术聚焦中国智能制造

苏州 • 6月　　武汉 • 11月

LaserFocusCon 2017 — 苏州会议：激光技术已成为现代制造业不可或缺的一种加工技术，配合自动化、机器人、机器视觉等技术发展，共同推进中国制造业向智能方向迈进。苏州地区汇聚了无数大大小小的制造企业，都是在追求着更先进的制造技术。苏州，这个重要的制造业基地，让我们的研讨会更贴近用户。

两大主题

- 先进制造环境中的精密激光加工技术
- 大功率激光加工及应用

LaserFocusCon 2017 — 武汉会议：将利用 ACT 媒体集团和《激光世界》杂志连续两年在武汉主办会议，积累了丰富的行业资源，会议可为华中地区的听众提供最新的全球激光技术和应用趋势，并将是一次与行业专家和专业代表交流探讨、联络及巩固关系的绝佳机会。



咨询

姚丽莹 Hatter Yao
hattery@actintl.com.hk
86-21-62511200 / 13917713422

激光世界
LaserFocusWorld China

香港 852-28386298　深圳 86-755-25988571　武汉 86-27-59221554
上海 86-21-62511200　北京 86-10-67484833

www.laserfocusworld.com.cn



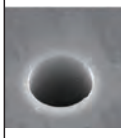
8 封面故事

气体激光器

CO_2激光器从多样化的过去走向量身定制的未来

凭借其他技术不易获得的独特波长，CO_2激光器正从以平均功率为价值主张的市场转变到特定应用市场。

12 应用天地



DUV激光

深紫外激光微加工技术的发展

DUV激光微加工系统，钻出了直径最小为10μm、纵横比为10的精密孔。

18 工业激光系统



工业4.0、可视化和机器学习相结合，提升激光加工能力

iV Model在工作流程架构中将过程数据与图像和视频数据相结合，允许用户查看所有相关源并应用分析工具。

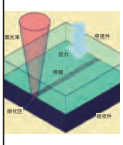
22 激光焊接



光纤激光机器人焊接系统在高尔夫球杆制造中的应用

用光纤激光机器人焊接系统焊接高尔夫球杆球头，使球头在反弹系数、击球击球声音、准确性和距离方面的性能均有提升。

26 2μm激光应用



2μm光纤激光器促进激光应用新发展

2μm激光在医疗手术、热塑性塑料焊接、非金属材料打标等应用中，大有作为。

30 激光安全

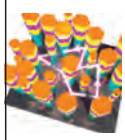


为什么要重视激光安全？

在利用激光技术为生产和生活带来更多创新与发展的同时，更要了解激光的安全使用事项，保证人身不受伤害。

技术中心

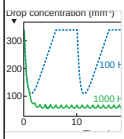
32 激光二极管



AlGaN纳线激光二极管发射239nm深紫外光

研究人员制造出了一种氮化铝镓（AlGaN）激光二极管，其能够输出波长239nm的深紫外光，在室温下运行，并且为电泵浦。

35 超快激光



利用皮秒激光清除迷雾

皮秒激光能迷雾中“开辟出无障碍通路”，潜在应用包括自由空间通信、遥感，或更为深远地改变局部天气。

光耀荆楚

36 2016年度湖北激光产业精彩回顾

39 激光打标以及标记信息应用与展望

40 访谈



照明显示、工业材料加工、激光医疗领域存在较大增长机会

——访山东华光光电子股份有限公司
副总经理汤庆敏

41 **Convergent Photonics携带双能激光器亮相慕尼黑上海光博会**



——访Convergent Photonics公司主席兼CEO
Maurizio Gattiglio先生

4 编者的话
6 前沿简讯
42 产品撷英
44 广告索引

免费下载白皮书



宽动态对数 InGaAs 传感器适用于眼睛安全主动成像
www.laserfocusworld.cn/NIT_white_paper.asp

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



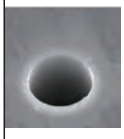
8 COVER STORY

Gas Lasers

CO_2 lasers: progressing from a varied past to an application-specific future

With a unique wavelength not easily achieved through other technologies, CO_2 lasers are progressing from an average-power value proposition to an application-specific marketplace.

12 APPLICATIONS



DUV Laser Microfabrication

Development of Microfabrication Technology using DUV Laser

DUV laser machining system achieved a hole of a minimum of 10μm in diameter and an aspect ratio of 10.

18 Industrial Laser Systems



For Industry 4.0, visualization and machine learning can be combined to enhance laser processing

The iV Model combines process data with image and video data in a workflow architecture that allows a user to see all related sources and apply analytical tools.

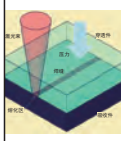
22 Laser Welding



Application of fiber laser robot welding system in golf club manufacturing

Welding the golf club head with a fiber laser robot welding system, that achieves performance improving in the rebound coefficient, hit sound, accuracy and distance.

26 2μm laser applcations



2μm fiber laser promotes the novel developments of laser applications

2μm fiber lasers have protential applications in medical operations, thermoplastic welding, non-metal materials marking etc.

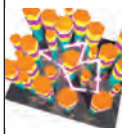
30 LASER SAFETY



Why should we pay attention to laser safety?

In the use of laser technologies we need to pay attention to the laser safety to ensure that people use them in a safe way.

32 TECHNOLOGIES CENTER

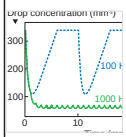


Laser Diodes

AlGaN nanowire laser diode emits at 239 nm

Researchers have fabricated aluminum gallium nitride (AlGaN) laser diodes that produce deep-UV light at a 239 nm wavelength, operate at room temperature, and are electrically pumped.

35 Ultrafast Lasers



Picosecond laser cuts through fog

Using picosecond laser light filaments to clear a path through fog, it has numerous potential applications include free-space communications, remote sensing, or, more speculatively, altering local weather.

LASER BRIGHTEN HUBEI

36 Wonderful review for 2016 Hubei laser industry

39 Applications and prospects of laser marking and marking information

40 INTERVIEW



Lighting display, industrial materials processing and laser medical applications will have big growth opportunities

——Interview Tang Qingmin, Deputy General Manager of Shandong Huaguang Optoelectronics Co., Ltd.

41 **Convergent Photonics will show dual energy laser at LASER World of PHOTONITCS CHINA 2017**



——Interview Mr. Maurizio Gattiglio, Chairman and CEO of Convergent

4 EDITOR'S NOTES

6 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.

FEIBO
上海飞博激光科技有限公司
Shanghai Feibo Laser Technologies Co., Ltd.



Mars 2 μm系列，30 W–180 W
应用于医疗手术，医学美容等



单模50 W/100 W
应用于精密加工等



线偏振500 W
应用于科学研究



Saturn高功率系列，1500 W/3000 W
应用于金属切割、焊接，增材制造等

慕尼黑上海光博会
LASER World of PHOTONICS CHINA
N3.3522展台

地址：上海市嘉定区招贤路655号
电话：021-59962338
邮箱：sales@feibolaser.com
网址：www.feibolaser.com

相约慕尼黑上海光博会，相遇新技术新应用

年一度的激光行业盛会——慕尼黑上海光博会又即将登陆上海，在这个已经成为行业风向标的国际化激光盛会上，众厂商都将携带新产品新技术亮相，《激光世界》也将带着新一期的内容与大家见面。

自从 1964 年 CO_2 激光器在贝尔实验室诞生以来，半个世纪以来 CO_2 激光器曾经是工业加工市场上的一支生力军，特别是大在功率工业加工应用领域；然而来随着半导体激光器、光纤激光器以及碟片激光器的发展，特别是近年来光纤激光器的迅猛发展，CO_2 激光器的市场份额增在日益被侵蚀。

CO_2 激光器真的已经退出历史舞台了吗? 本期的封面故事中，大通激光给出了否定回答。CO_2 激光器凭借独特的长波长输出、从毫瓦到万瓦级的功率输出范围，以及出色的光谱纯度，依然在极紫外光刻、牙科手术、新材料加工等方面开辟出了新的应用。只不过 CO_2 激光器已经从过去“一刀切”似的大规模应用时代，演进到了“以客户为中心的量身定制”时代。

光纤激光器正在覆盖更多的波段、其应用的触角也正在延伸到越来越多的领域，如来自中国本土的光纤激光器制造商上海飞博激光提供的 2μm 光纤激光器，已经获得了 180W 的高功率，其在前列腺切除手术、热塑性塑料焊接以及在白纸和印刷有黑色颜料包装纸表面的打码应用中，获得了很好的加工效果。而光纤激光器巨头 IPG 公司利用光纤激光器焊接钛合金高尔夫球杆球头，使球头在反弹系数、击球击球声音、准确性和距离方面的性能均有提升，这也是光纤激光器的一项新应用。

在激光被各行各业广泛应用的同时，更应该注意其安全性。过去，人们对激光的安全性重视不够，特别是在中国市场，缺乏适当的规范，对激光安全方面的知识也宣传甚少。为了让读者更多地了解激光、并且更加安全地使用激光，本刊联合德国莱茵公司为读者带来激光安全方面的普及知识，将陆续介绍激光产品安全等级及要求、激光危害、激光加工系统的安全设计要求、如何安全地演示激光产品以及如何建立企业激光安全制度等内容。

另外，从本期开始，我们还联合湖北省激光行业协会推出了《光耀荆楚》栏目，向读者介绍来自中国光谷的最新产业发展动态以及相关的政策导向，展示光谷企业在激光技术与应用方面的进展与突破，欢迎光谷企业积极参与到这个栏目中来，向更多的用户展示贵司风采!

《激光世界》希望与您在 2017 慕尼黑上海光博会不期而遇! 我们将在 N4 馆欢迎您的到来! ❑

本刊编辑部

II-VI INFRARED

CO2激光镜片
- 聚焦镜
- 反射镜
- 扫描激光系统



II-VI HIGHYAG

BIMO-FSC光纤激光切割头



红外光学材料
- 硒化锌
- 硫化锌
- 硫化锌多光谱



BIMO激光焊接头





QCS 光纤激光切割头

LLK光纤光缆



贰陆红外激光（苏州）有限公司
电话：+86-400-858-1126　传真：+86-512-67671207
电邮：infosz@ii-vi.com.cn　网址：www.ii-vi.com.cn
地址：江苏省苏州市工业园区星汉街5号D幢01楼01-02单元

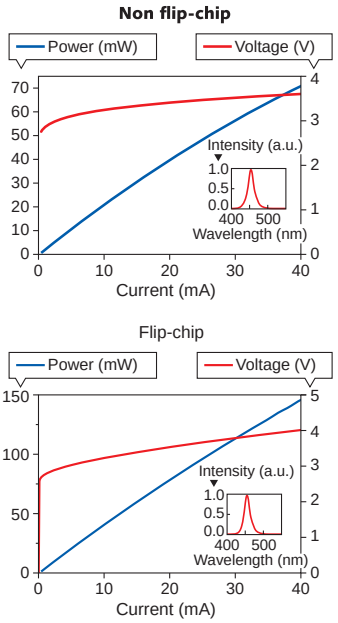
慕尼黑上海光博会 LASER World of PHOTONICS CHINA
上海新国展中心 2017年3月14-16日
欢迎光临我们的展位：N3-3340

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

基于 GaN 的倒装式 LED 具有 73％的插墙效率

人们研究能实现蓝光发射的基于氮化镓（GaN）的 LED 已经有多年之久，这种 LED 是广泛用于照明的白光 LED 的基础，能够产生更高的每瓦亮度（流明），并且还具有更高的插墙效率（光输入功率 / 电输入功率）。

p-GaN 是一种用于制造高效 GaN 基 LED 的材料，由于这种材料具有较差的导电性，并导致电流扩散，因此研究人员开发出了具有银镜的透明导电氧化物 LED 和倒装芯片式 LED 作为附加导体。然而，银镜或导电氧化物吸收光，这降低了总体效率。



在加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的一个研究小组（其中包括作为 GaN 基 LED 的发明人之一的中村修二），正在将高质量低压降 GaN 隧道结引入 GaN 基 LED 中，而不是导电反射镜或氧化物中，以防止电流扩散，并且不增加光学吸收。

研究人员创建了非倒装芯片和倒装芯片两个版本，后者包括高光提取多层电介质镜，其在 LED 的 450nm 工作波长下，将引线键合焊盘的反射率增加到大于 98%。非倒装芯片器件的外部量子效率（EQE）和插墙效率（WPE）分别为 78％和 72％，倒装芯片 LED 的分别为 76％和 73%。❑

参考文献

B. P. Yonkee et al., Appl. Phys. Lett., 109, 191104 (2016).

上光所非线性光学频率转换获重要研究进展

中科院上海光机所高功率激光物理联合实验室朱健强、刘德安研究团队在非线性光学频率转换相关技术方面取得重要研究进展，提出并实验验证了新一类相位匹配方法——电压调谐相位匹配。相关研究成果发表于《物理评论快报》。

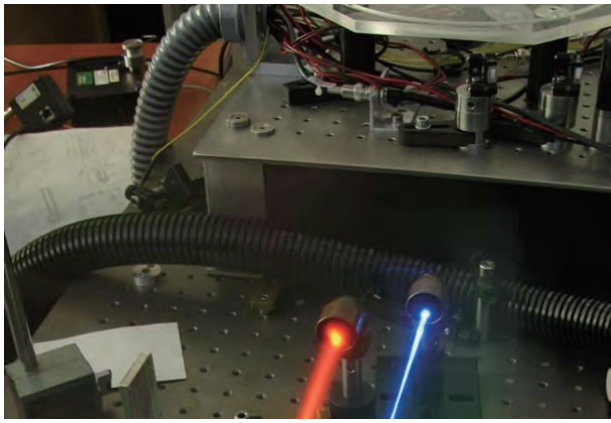
电压调谐相位匹配方法通过引入外电场，利用材料的线性电光效应实现相位匹配，以获得最大转换效率输出，从根本上克服了高功率激光系统中转换效率对角度、温度、波长变化敏感的问题，灵活精确地调控电光材料的折射率，进而拓展了传统非线性材料，甚至低双折射和各向同性材料在非线性光学中的应用。

为了验证这一新方法，上海光机所研究团队设计了巧妙的原理验证实验，通过把线性电光效应和光波非线性相互作用过程同时应用在单块 DKDP 晶体中，成功演示了利用线性电光效应对光波之间非线性相互作用过程的操控，证明了该方法的可行性与有效性。

“非线性光学频率转换技术极大提高了激光在不同领域中的实用性，并在许多学科中表现出显著的科研潜力。”朱健强表示，为获得高效的频率转换，相互作用的光波之间满足相位匹配是一个重要前提条件。由于材料存在色散，精确地补偿色散导致的相位失配是实现高效频率转换所面临的主要挑战，研究人员也一直在尝试用不同的方法解决这一问题。

专家认为，上海光机所研究团队提出的电压调谐相位匹配方法，不仅为设计新颖的非线性光学器件提供了新的途径，也为进一步深入研究非线性光学相互作用提供了新的方向。❑

三倍频器件实现高达 30% 的 UV 光谱转换效率



波兰华沙大学物理学院的一组研究人员刚刚发表了一份报告，介绍了他们开发的一种用于在紫外波段产生飞秒激光脉冲的微型三倍频器件。相比之前的装置，该器件在频率转换效率方面实现了三倍的提升，获得了高达 30% 的创纪录的频率转换效率，这主要得益于在设计阶段开发的一款独特的软件包。

多年来，从红外飞秒激光倍频到 UV 三次谐波的转换效率大约为 10%。然而，华沙大学将不断增强的计算能力和精巧的编程技能相结合，首次实现了从红外到紫外的频率转换过程的全局优化。

“我们新开发的称为 Hussar 的开源仿真软件包，甚至允许一个毫无经验的用户使用简单的模块，构建多脉冲传播和相互租用的一个复杂的精确三维仿真：输入脉冲参数、介质的材料属性和所涉及的过程。”该仿真软件的开发者 Tomasz Kardas 解释道，“一旦我们定义了输入脉冲参数，如能量、脉宽和空间光束轮廓，我们基本上就开始在大的参数空间内搜索最佳设计：非线性晶体厚度，光束尺寸，束腰位置等。令我们惊讶的是，一旦我们找到这些最佳值，建立器件并测量其性能，输出的 UV 脉冲与仿真完全一致。

研究人员表示，将三倍频转换过程效率提高三倍，达到 30%以上，这只是他们研究的第一步，接下来他们还将在器件小型化方面继续探索，并预计能实现比传统三倍频装置的体积小 1000 倍的三倍频器件。❑

LUMENTUM

超快异型材料加工
——降低系统设计成本!!



利用 PicoBlade®2, 可将您的最苛刻的微加工应用的生产率提高40%。

PicoBlade 2——我们的智能控制、全功能皮秒激光器——能以最高的精度和可靠性加工几乎所有的材料的完美工具。经过优化设计的最新 PicoBlade 平台与我们的第一代激光器拥有同样高的灵活性，而且封装更小，极大简化了系统集成难度。

AccuTrig™ 独特的智能控制、高速变频功能使 PicoBlade 2 能够提供真正的实时外部触发，而该外部触发的定时抖动仅为 ±25纳秒，同时维持稳定精确的脉冲能量——这对处理复杂的异型加工应用至关重要。

想要更全面地了解？下载AccuTrig 白皮书，查找 PicoBlade 2 是如何改善您的微加工应用和结果。

提高先进制造的效益

WWW.LUMENTUM.COM | CUSTOMER.SERVICE@LUMENTUM.COM | +1 844 810 LITE (5483)

气体激光器

CO_2 激光器从多样化的过去走向量身定制的未来

凭借其他技术不易获得的独特波长，CO_2激光器正从以平均功率为价值主张的市场转变到特定应用市场，这些市场需要极高的峰值功率、特定波长和操作稳定性来满足用户需求。

文/Yong Zhang，Tim Killeen；大通激光

CO_2 激光器由 C. Kumar N. Patel 于 1964 年在贝尔实验室发明，其在日新月异的光电行业中堪称一项古老的技术。尽管出现的时间较长，但是 CO_2 激光技术凭借着其独特的波长、功率和光谱纯度，依然在市场上生存并继续繁荣。

因为很多天然材料和合成材料在 9~12μm 具有很强的吸收峰，而这恰好是 CO_2 激光器的输出波长所处的波段，这为 CO_2 激光器在材料加工和光谱分析领域提供了大量机会。这个波段也包含在大气传输窗口内，因此也是很多传感和测距应用的理想选择（见图 1）。[1]

典型的 CO_2 激光器由含有 CO_2 分子的混合气体产生气体放电而形成。因为分子振动和转动的能级非常接近，CO_2 分子在这些能级之间跃迁产生的光子与可见光和近红外光相比，能量更低，波长更长。

CO_2 激光器可以提供从毫瓦到上万瓦的功率范围，可用于制造仪器设备，也可以用于强力切割。因为 CO_2 激光器有很高光谱纯度，线宽可达 1kHz 以下而不必牺牲功率，转换效率可达 10%。这些特点使得 CO_2 激光器能够胜任材料加工领域的新应用、激光测距和雷达、热像视觉辅助及靶向医疗等应用。

自被发明几十年来，已经有无数 CO_2 激光器应用到医疗、制造及科研领域，从中国高速矿泉水瓶生产线上的 4 位数字码打印，到德国的奔驰汽车零件焊接。即使在今天光纤激光器正在侵蚀着 CO_2 激光器的大量市场、以及量子级联激光器不断开创新领域的情况下，如果 CO_2 激光器向着专用领域发展，其仍然会在市场上赢得广泛应用。

挑战竞争

尽管拥有这些长期优势，但是 CO_2 激光器已经扩展到了很多之前由 CO_2 激光器主导的应用领域。

在工业应用中，高功率光纤激光器能提供更高的效率、其能量能被金属材料更好地吸收，并且更加具有成本优势。然而，CO_2 激光器仍然是加工很多非金属材料的唯一方式，因为这些材料不能吸收光纤激光器的近红外波长。

量子级联激光器能产生 2~12μm

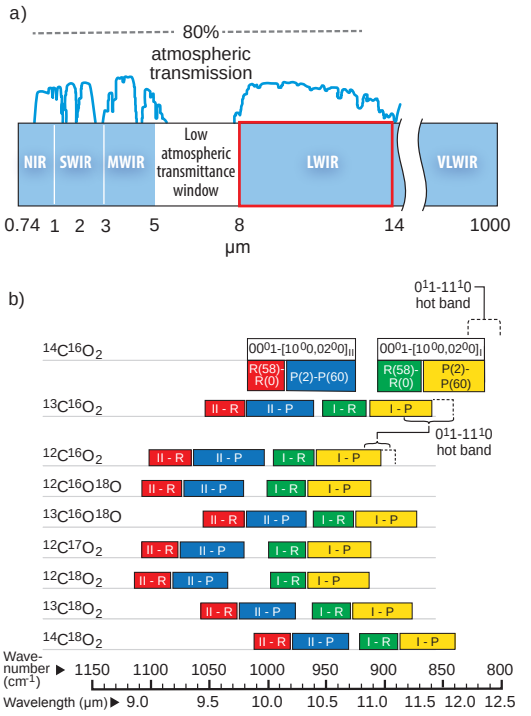


图1：图（a）显示了CO2激光器的光谱在电磁波谱线的红框范围内，是常用的大气传输窗口；图（b）显示了9个不同的CO_2同位素的频率和波长范围。

范围的波长，并且体积更加紧凑，已成为光谱学应用中的一个重要工具。然而，许多位于 8~12μm 长波红外波段的传感、光谱敏感的工业和医疗应用，需要更高的功率、更好的光谱纯度、极好的相干性和稳定的空间模式，这些只有 CO_2 激光器可以实现。

除了技术上的挑战，中国不断扩张的激光产业也导致价格越来越低。标准的 CO_2 激光器正迅速商品化，进入门槛和利润都急速下降。三年前，中国公司购买美国制造的 30W CO_2 激光器需要 4500 美元；而现在，国产 CO_2 激光器进入市场，将价格拉低到 2000 美元。

这些因素标志着“按瓦论价”的时代已经结束；在按瓦论价的时代，公司生产特定平均功率、能适用多个领域的激光器，价格与瓦数成正比。采用这种策略，一些高度成功的公司如 Synrad、Coherent 和 Rofin 等公司，能提供功率从几瓦到上万瓦的 CO_2 激光器系列，这也使得 CO_2 激光器在塑料加工厂、牙科诊所、手机装配线等领域获得了广泛应用。

尽管 CO_2 激光器作为“对所有用途一刀切解决方案”的竞争方式已经结束，但是随着新材料加工的涌现，以及日益严格的工业和科研加工要求，这些均需要新的专用激光器，需要对激光器真正的价值主张有更深的技术理解，需要一种完全不同的方式制造并推广 CO_2 激光器。CO_2 激光器正在应对这些新的挑战。

在制造方面，这种新的模式需要调整 CO_2 激光器的各种指标，密切配合客户的特定需求。在市场方面，从之前的平均功率和“按瓦论价”的价值主张，转变为客户定制化解决方案，根据特定的材料和应用需要，设计激光器的脉冲形状、峰值功率、专用波长和工作稳定性。



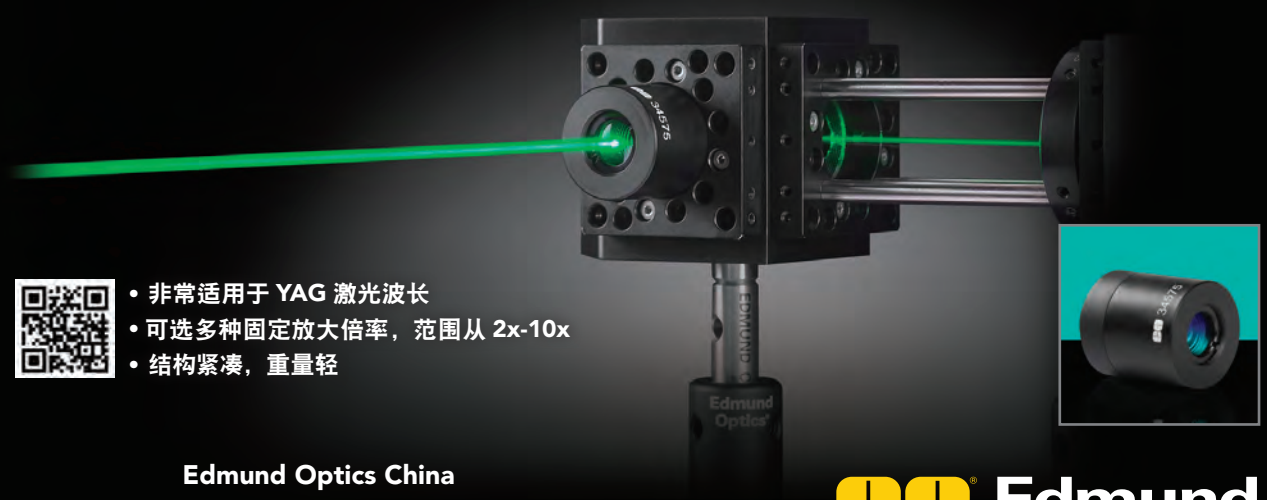
图2：用于产生EUV光的CO_2激光器，正在一座现代化制造工厂中接受严格测试。

极紫外光刻

在尝试拓展摩尔定律时，CO_2 激光器被认为是通过激光生成等离子体

设计紧凑 便于集成

TECHSPEC® LC (低成本) 定倍YAG扩束镜



• 非常适用于 YAG 激光波长
• 可选多种固定放大倍率，范围从 2x-10x
• 结构紧凑，重量轻

Edmund Optics China
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 75 YEARS OF OPTICS

www.edmundoptics.cn/037-8615

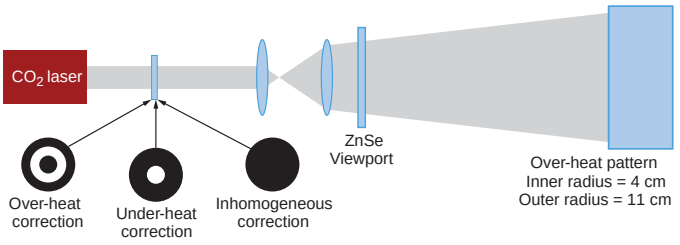


图3：CO_2激光器在LIGO设备中用于纠正光学畸变。

（LPP）产生极紫外（EUV）辐射的最佳工具。这种 13.5nm 的 EUV 光是通过蒸发锡的熔融液滴产生的。针对这项应用也测试了 Nd:YAG 等其他激光器，结果表明它们在产生更高速、高质量等离子体属性的光学薄羽流方面，效率更低，这是因为锡对 CO_2 激光器照射具有更高的反射率。[2]

为了产生 EUV 光，CO_2 激光器需要提供一连串波长 10.6μm、光学质量近乎完美、高速且完全相同的脉冲，具有半导体行业所要求的清洁度、精确度和可重复性。

为了满足这些严格的要求，用于 EUV 的 CO_2 激光器从原材料处理到最终测试（见图 2）的所有工序，都完全在 ISO Class 7 级别的洁净室内进行。每台激光器都通过 12 小时的连续开机测试，完全符合测试规格，因为任何偏差都可能导致数千枚半导体芯片的失败。

纠正LIGO光学元件畸变

在与激光干涉引力波天文台（LIGO）引力波探测机构长达十几年的项目合作中，我们提供了关键技术来协助验证引力波的存在。虽然爱因斯坦在很早之前就已经预测了引力波的存在，但它们的理论信号太小，以至于他怀疑是否能建立具备足够高灵敏度的装置，进而探测到如此微小的宇宙杂音。

LIGO 的科学家遇到了一个非常特殊的问题。任何光子被干涉仪光学器件吸收，即便是三百三十万分之一，都会使光学元件畸变，并且产生的热噪声足以覆盖他们需要探测的信号。虽然 LIGO 设计的光学器件已经考虑到了热畸变因素，但在探测时，他们需要实时的微调来匹配主光束的功率和每个光学器件的个体差异。

CO_2 激光器是微调光学元件的合理方案，因为其光束可以被 LIGO 光学元件高度吸收，并且能提供很高的光谱纯度和功率稳定性。如果没有这些，他们的测量系统会增加很多噪声。

为满足 LIGO 精确的专用需求，我们开发了单波长稳定的 CO_2 激光器，适用于实时自适应系统中的精密控制回路，可以精确补偿主工作光束热效应造成的光学元件畸变（见图 3）。[3] 当热畸变补偿不足时，CO_2 激光器光束整形为环状提供额外补偿（过热纠正）；当补偿过度时，CO_2 激光器光束整形为在光学元件中心像盘子样的圆斑，来削弱补偿（欠热纠正）。

牙科手术

最近，科学家发现人类硬组织（骨头和牙齿）对 9.3~9.6μm 的光具有很强的吸收能力（见图 4）。[4-6] 研究表明，CO_2 激光器是唯一能适用于口腔硬组织和软组织处理、并且还能预防龋齿的激光器。

虽然其他波长，如 2.94μm 也能处理软组织和硬组织，但是只有 CO_2 激光器能在 9.3μm 和 9.6μm 波长提供额外的龋齿预防和清除功能。[7] 加州大学旧金山分校牙科学院院长 John Featherstone 教授，将这一发现称为激光牙科新时代的曙光。[8]

脉冲能量几毫焦、脉冲宽度 5~20μs 且能数千小时可靠运行的 CO_2 激光器，非常适合医疗点牙科手术和牙科治疗。虽然这项技术还远未被大规模采用，但是基于 9.3μm 脉冲 CO_2 激光器的商业牙科设备，现在已经上市用于牙科硬组织和软组织治疗。[9]

加工新材料

随着制造业继续向全过程自动化发展的全球趋势，激光器正在改变一些传统加工方式的价值主张，如包装行业中材料的刀切和冲压。亚马逊等一些公司，正在驱动一场从“传统的固定尺寸的纸箱包装方式”到柔性包装的变革。所谓柔性包装，即使用新型塑料材料，并且现场创建，能完全符合特定货物的需求。

这种新型柔性包装重量更轻，并能安全地生物降解，既降低了运输和包装的成本，又减少了对环境的污染，这是亚马逊未来重要的绩效指标。这种转变能够实现，是因为激光与刀具不同，它们不会变钝，并且能提供远超过机械系统的可重复性和精确性。

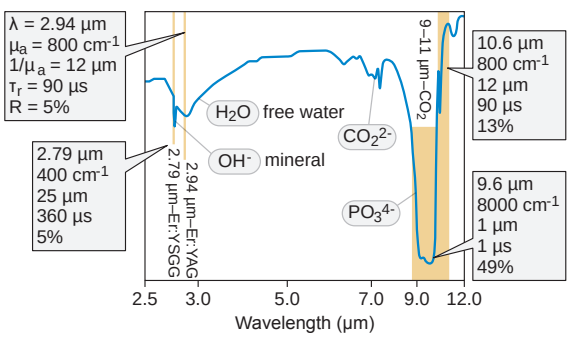


图4：牙釉质红外透射谱线显示在9.6μm处有强吸收，这与CO_2激光器的谱线重叠。

新型多层塑料在 CO_2 光谱范围内某个特殊谱线处，具有很强的吸收峰，或者在切割过程中，塑料层一层层移动时，要求激光器的波长能随之变化。代替大型切割系统需要一个激光器阵列来实现消融，且几乎不产生热影响区，同时能以每秒移动数百英尺来切割很大的幅面。满足这种特殊应用的激光器，需要在单个谱线上具有很高精度，峰值功率与平均功率比值大于 100:1 甚至更高，而且脉冲频率非常高（>10kHz）。

传统上，如此高的峰值功率和重复频率需要 Q 开关或其他外在调制技术，这对要求成本效益的包装行业大规模部署而言，过于昂贵。相比之下，我们正在开发的 CO_2 激光器体积小巧，无需外部调制就能获得上千瓦的峰值功率，能很好地满足包装行业的需求。实际上，制造、医疗和材料科学领域的最新趋势，都在推动 CO_2 激光器从过去半个世纪以来的“按瓦论价”的价值主张，演进到“以客户为中心、量身定制”的新时代。❑

参考文献

1. C. Freed, LLabJ, 3, 3, 479–500 (1990).
2. A. Hassanein, V. Sizyuk, S. S. Harilal, and T. Sizyuk, "Analysis, simulation, and experimental studies of YAG and CO2 laser-produced plasma for EUV lithography sources," Proc. SPIE, 7636, 76360A (2010).
3. S. Ballmer et al., "Thermal compensation system description" (2005); seehttp://bit.ly/2dwiUNf.
4. P. Rechmann et al., Lasers Surg. Med., 45, 302–310 (2013).
5. N. M. Fried and D. Fried, Lasers Surg. Med., 38, 335–343 (2001).
6. D. Fried et al., J. Biomed. Opt., 6, 2, 231–238 (2001).
7. S. Parker et al., J. Laser Dentistry, 20,2, 46–51 (2012).
8. J. Featherstone, Invited speech at the Annual Conference of Academy of Laser Dentistry (2013).
9. See http://www.convergentdental.com.



DUV激光

深紫外激光微加工技术的发展

文/Yuji Imamiya，Satoru Akama，Yoshihito Fujita，Haruhiko Niitani；三菱重工

近年来，随着电子产品越来越小，包括电子部件和印刷电路板在内的这类装置中使用的各种部件，也已经小型化并且越来越复杂。因此，对包括钻孔在内的超精密加工的进一步小型化和提高质量的需求，正不断增长。作为满足这种需求的一种手段，利用短脉冲、短波长激光的加工方法已经引起关注。使用诸如皮秒脉冲激光的短脉冲激光器，能够实现没有热效应的冷烧蚀，从而获得质量优异的高精度加工。

此外，使用短波长激光器可以使激光束的聚焦光斑直径更小，从而实现更精细的微加工。如图 1 所示，目前用于微加工的常见短脉冲激光器包括 Nd：YAG 激光器（波长 1064nm）、通过 Nd：YAG 激光器的二次谐波产生的绿光激光器（波长 532nm）、以及通过 Nd：YAG 激光器的三次谐波产生的紫外（UV）激光器（波长 355nm）。另一方面，由四次谐波产生的深紫外（DUV）激光器（波长 266nm），由于其处理困难而未被广泛使用，作为微加工系统几乎没有实际成就。[1] 然而，短波长使得聚焦激光光斑直径在照射点更小，从而可以实现更精细的钻孔。此外，DUV 激光能被各种材料高度吸收，并且具有很高的光能量，其将有望应用于加工传统方法难以加工的材料。

三菱重工机床有限公司（MAT）已经向市场推出了配有皮秒绿光激光器的“ABLASER”激光微加工系统。[2] 此外，公司还开发了使用皮秒 DUV 激光器的光学系统和加工技术，以实现更高质量的更精细钻孔。本文将阐述皮秒 DUV 激光器的基本加工特性，以及利用 ABLASER 实现的超精密钻孔应用。

DUV激光光学系统的结构及其加工特性

（1）DUV 激光器的光学激光聚焦系统

在激光微加工中，激光束被聚焦并照射在目标工件的表面上，利用光

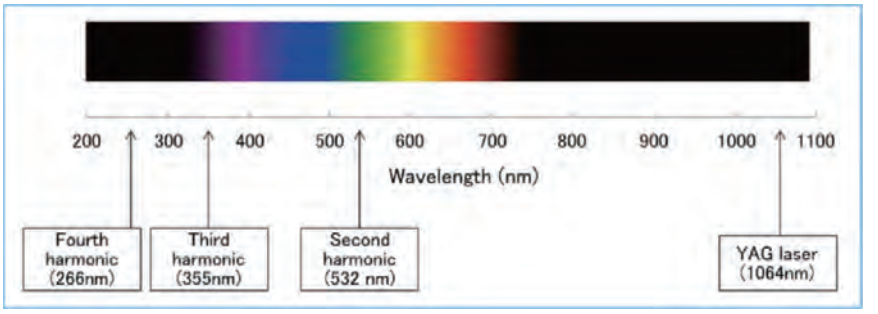


图1：不同波长的各种类型激光束。

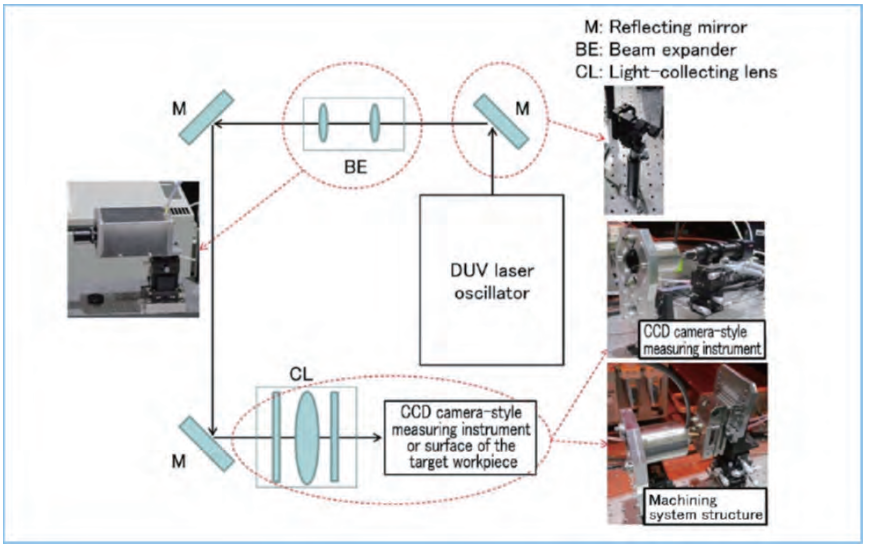


图2：DUV激光聚焦激光光斑直径测量系统的结构。

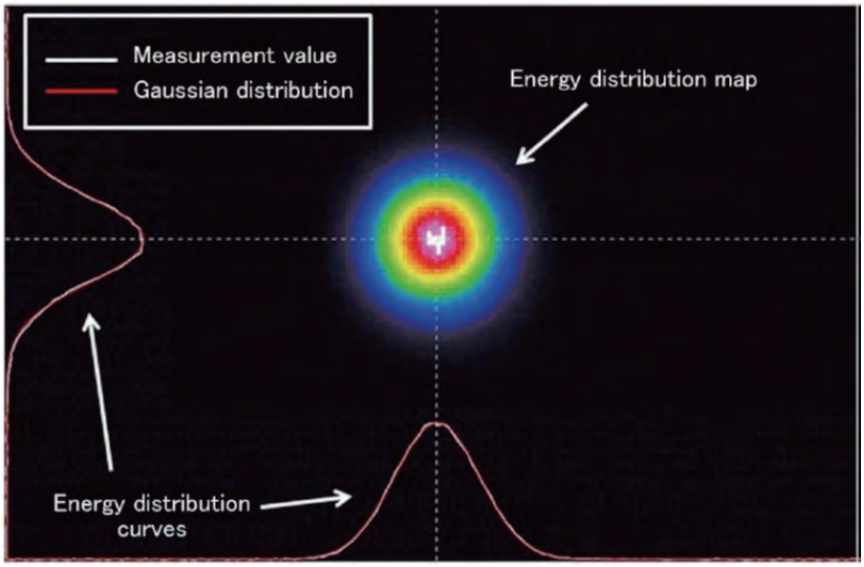


图3：焦点处的能量分布。聚焦的DUV激光光斑直径为5.7μm，能量分布产生与高斯分布一致的理想曲线。

的能量，可以去除目标工件加工所产生的碎屑。在照射时，当聚焦光斑直径较小时，需要去除碎片的区域也变小，这提高了微加工的质量。有多种手段可以实现更小的聚焦光斑直径，例如利用短波长激光器，在聚焦之前扩大光斑直径并缩短焦距。然而，当激光的波长处于紫外波段时，玻璃材料对激光的吸收增加。因此，需要减轻透镜等光学元件材料的应变。在其他方法中，会聚角较大，其可能导致孔在激光入口和出口之间尺寸的间隙，并减小焦深，从而限制钻孔加工所产生的孔的形状。

新开发的光学激光聚焦系统采用 DUV 激光器，提供更小直径的会聚光。因此，通过预先测试用于光学元件的玻璃对 DUV 激光束的耐久性，同时选择最佳玻璃材料并设定适当的激光照射强度，可以确保透镜的耐久性。此外，通过优化焦距和透镜形状，使会聚角最小化并实现长焦深，而聚焦激光光斑直径保持非常小。

表1：DUV和绿光激光束单脉冲辐照测试的材料

Metal	Stainless steel
Semiconductor	Single-crystal silicon carbide wafer
Resin	Polyethylene terephthalate
Glass	Borosilicate glass

（2）DUV 激光聚焦光斑直径的评价

基于上述研究，三菱重工创建了用于 DUV 激光的原型光学激光聚焦

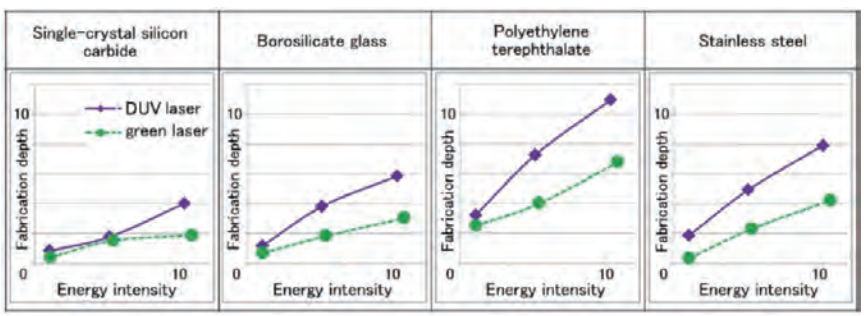


图4：每种材料的加工深度与DUV和绿光激光能量强度的关系。纵轴和横轴采用归一化值。所有图表使用统一的比例。

pco.
small
but
powerful
the blue pco.panda with
latest sCMOS technology
ultra compact design
resolution 2048 x 2048 pixels
pioneers
30
since 1987
pco.de
pco-tech.com

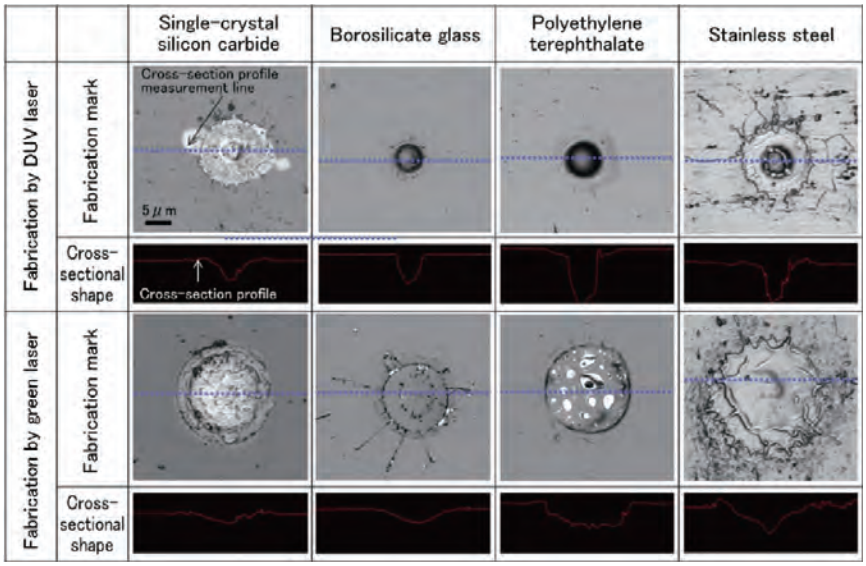


图5：利用单脉冲对每种材料钻孔的图像及其横截面视图。所有图像和横截面使用统一的比例。

系统，以便通过测量聚焦光斑直径和能量分布来确认预期的微加工水平。图 2 给出了光斑直径测量系统的结构。从 DUV 激光振荡器发射的光束，通过全反射镜传播，模拟要安装的激光加工装置和通过聚焦透镜会聚的光束传输路径。

图 3 给出了由 CCD 相机测量仪器测量的焦点处的能量分布。能量分布与预期的高斯分布大致一致，这是非常理想的结果，测量的光斑直径为 5.7μm。另一方面，根据理论公式计算的设计直径为 5.5μm，与测量值基本一致。与利用 MAT 公司的传统绿光激光器的 ABLASER 所获得的光斑直径相比，DUV 激光束的光斑直径大约是绿光激光器光斑直径的一半，从而可以预期更精细的钻孔。此外，焦点处的椭圆度为 0.998，这也证实了可以期望高精度的钻孔。

（3）DUV 激光束对各种材料制造速率的检验

需要获得 DUV 激光束和绿光激光束（波长 515nm）针对各种不同材料的钻孔速度，以便比较和评估它们的特性。在类似于聚焦光斑直径测量系统的一个光学系统结构中，不同的材料被放置在焦点位置（见图 2）。表 1 中列出的材料分别用聚焦的 DUV 或绿光激光束，仅照射 1 个脉冲，以便测量钻孔形成的孔的深度，这项测量是通过基恩士公司的 3D 激光扫描共聚焦显微镜（VK-X150/160）实现的。由于钻孔后孔的横截面是坑状，根据孔中心的最大深度进行测量。使用不同的脉冲能量水平进行加工和测量，从而获得每种材料的钻孔速度。

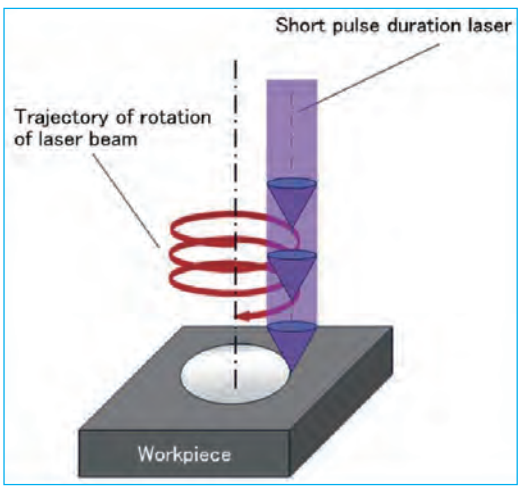


图6：螺旋钻孔方法。以任意调节的旋转直径高速旋转激光束进行钻孔，光束为短脉冲激光。

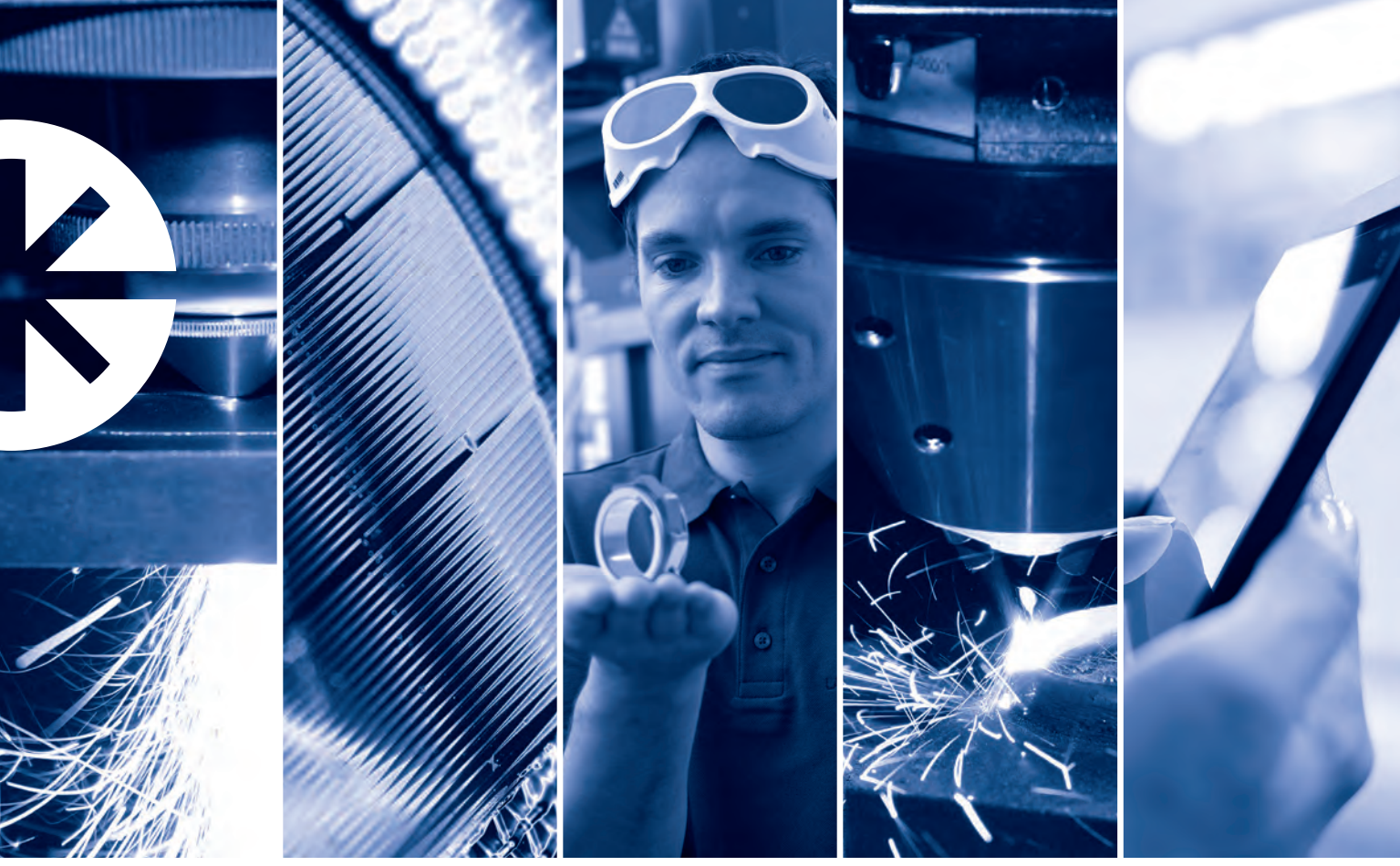
图 4 中显示了测量结果。图 4 中的纵轴表示加工深度，横轴表示照射激光束的能量强度。如图 3 所示，在照射范围内能量分布不均匀。因此，使用中心附近的能量值来计算强度。

通过比较 DUV 激光束和绿光激光束的钻孔速度，确定了用它们加工每种材料时的显著差异。图 5 给出了由两种激光器钻出的孔的图像和横截面图。单晶碳化硅晶圆（SiC）是一种化合物半导体材料，具有较高的硬度和化学稳定性，基于化学作用的精密 SiC 加工和制造都非常困难。因此，人们迫切期望基于激光的精密加工能够处理这种材料。但由于带隙大，因此具有更高光能量的短波长激光束更适合加工这种材料。在该实验结果中，绿光激光束的钻孔速度相当低，并且材料在激光照射范围内会发生熔化。

相比之下，具有高能量的 DUV 激光束实现了相对较高的钻孔速度，并且钻出的孔的横截面近似于高斯分布，因此，有望在超细钻孔中实现精密加工。DUV 激光束能成功地在硼硅酸盐玻璃上钻出清晰的孔。绿光激光束大部分穿透材料，导致加工非常困难，加工速度非常慢。

使用 DUV 激光，确认钻出的孔在工件表面上具有非常少的熔化，其中几乎观察不到被移除碎屑的再次附着。因此，可以假定产生了理想的烧蚀现象，进而可以实现高质量的超细钻孔。

当加工不锈钢材料时，DUV 激光束能比绿光激光束获得更高的加工速度。此外，在用绿光激光束加工聚苯二甲酸乙二醇酯材料（一种高分子



共求领先与创新

Leading & Innovating Together

COHERENT

COHERENT | rofin　COHERENT | DILAS　COHERENT | NUFERN

2017年3月14日-3月16日　　慕尼黑上海光博会

欢迎莅临相干展位

N3. 3100 & 3400

了解更多信息敬请访问：www.coherent.com

www.rofin-baasel.com.cn | www.dilas.com | www.nufern.com

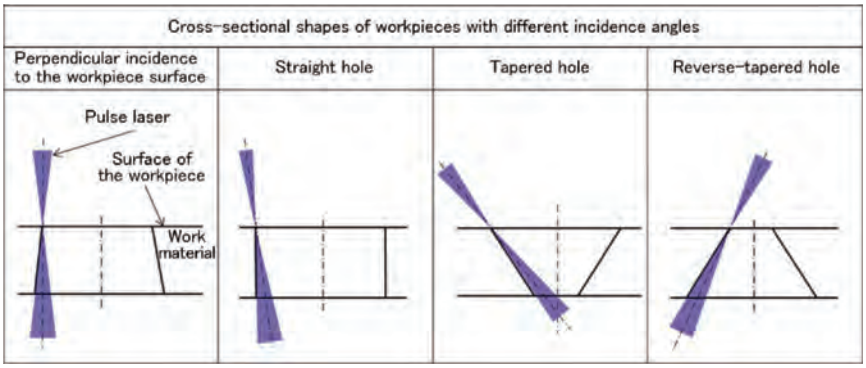


图7：由ABLASER控制激光入射角。通过控制激光束的入射角，钻孔加工可以实现诸如直孔、锥形孔和倒锥形孔的任意截面。

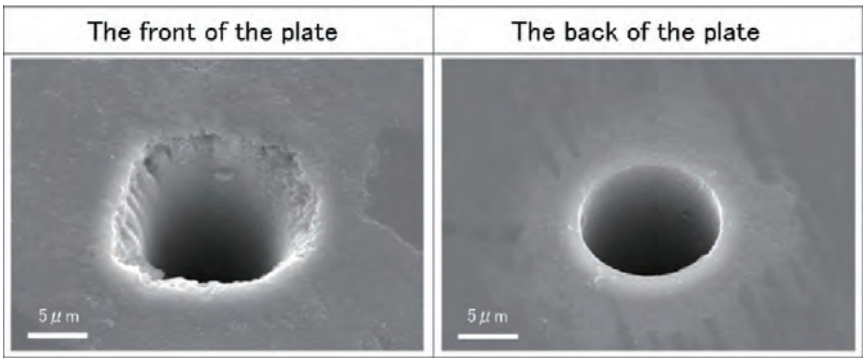


图8：利用DUV激光器在单晶SiC晶圆上钻孔的SEM图像。晶圆厚度为0.1mm，钻孔直径为10μm。

材料）时，会产生气泡，这表明材料发生了熔化。相反，使用 DUV 激光束加工这种高分子材料，只产生较少热效应，并且加工速度足够快。

因此，经过对多种材料的加工对比，证实了 DUV 激光相比于绿光激光束的优越性，并且还可以估计最佳脉冲输出，获得针对每种材料所需的加工深度。因此，DUV 激光束将有望改进很多材料的加工质量和，优化产品性能。

ABLASER利用DUV激光进行实际加工

使用配备有 DUV 激光光学系统的“ABLASER”激光微加工系统进行钻孔测试。 MAT 已经向市场提供 ABLASER 系统。为了实现高质量的钻孔，ABLASER 采用螺旋钻孔方法，激光束的路径可以高精度旋转和调整，如图 6 所示。此外，一款独特的光学头允许控制激光束的入射角和旋转直径，如图 7 所示，从而能够实现任何孔径和横截面形状。

根据上述单脉冲照射试验获得的加工特性，可以根据对不锈钢和单晶 SiC 晶圆的钻孔要求，确定激光照射条件。在不锈钢板（厚度 0.2mm）上钻出直径 20μm 的孔，在板的正面和背面，孔的圆度都非常好，孔的边缘光滑，没有碎屑。在 SiC 晶圆（厚度 0.1mm）上钻出直径 10μm 的孔，从图 8 中给出的钻孔结果显示，在 SiC 上钻出的孔达到了预期，因为 SiC 晶圆非常难加工。从图中看到，钻孔后边缘部分的质量非常高，这表明钻孔过程中产生的热效应非常小。

如上所述，由于利用 DUV 激光束、集聚光系统的优化和光束轨迹的精确控制，成功实现了直径为 20μm 或 10μm、高宽比为 10 的高质量钻孔，而这样的孔用传统方法是很难实现的。未来，还将通过优化加工条件使用 DUV 激光对其他介电材料、半导体和金属材料实施钻孔、切割和狭缝弯曲等加工，进一步展示 DUV 激光在微加工领域的超级适用性。

结论

为了满足更加精密的激光微加工需求，MAT 公司已经开发了利用短脉冲 DUV 激光的光学系统，其中 MAT 公司证实可以实现微聚焦激光光斑直径，同时保持所需的焦深。此外，利用这种新的光学系统，还能确定各种不同材料的加工特性。

另外，MAT 公司将该光学系统安装在由其制造并销售的“ABLASER”激光微加工系统中，实现了直径最小为 10μm、纵横比最大为 10 的超细钻孔。❑

参考文献

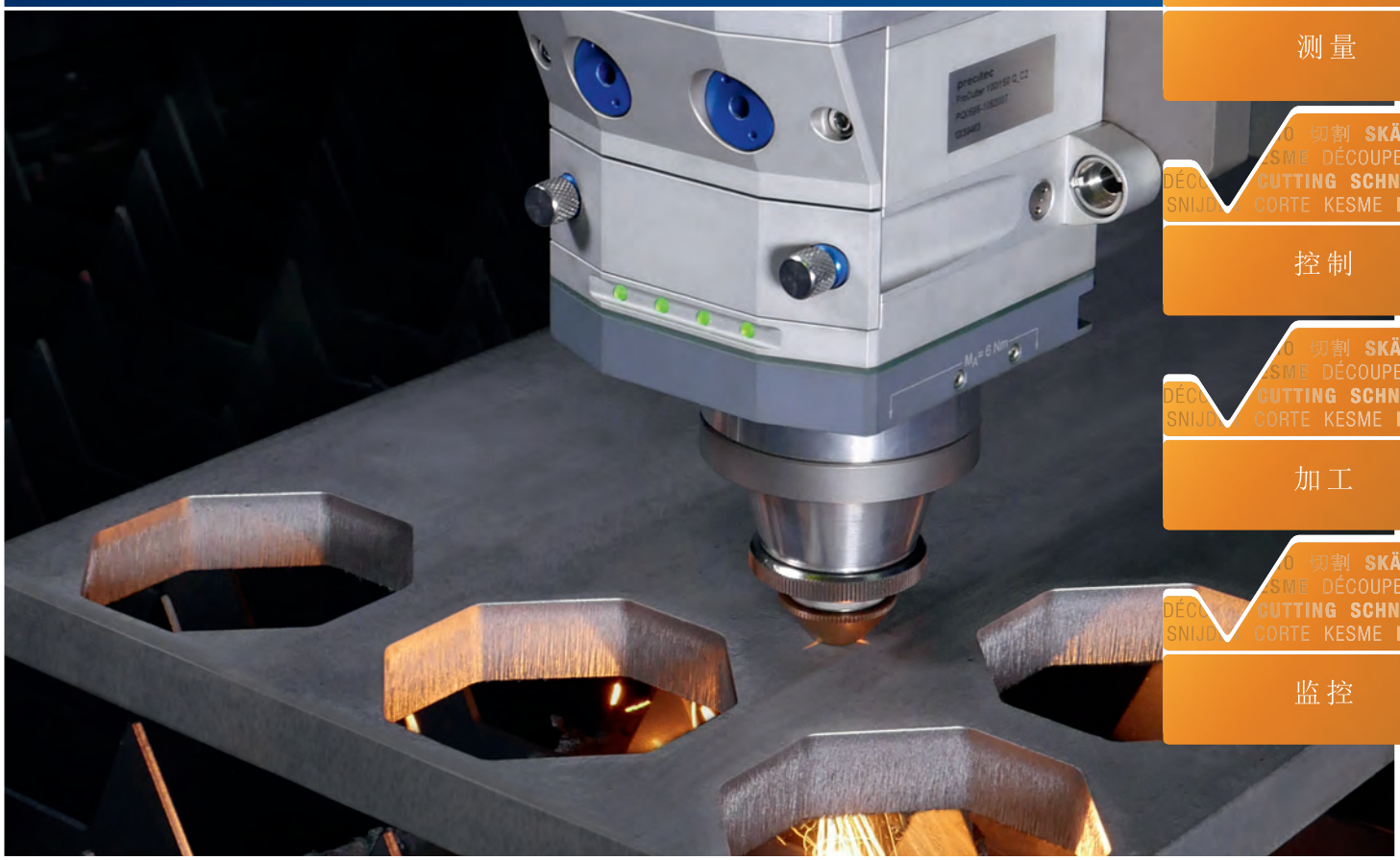
1. Ikeda, N. et al., Diode-Pumped Solid-State Ultraviolet Laser Micro Processing System, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Technical Review Vol. 40 Extra No. 2 (2003)
2. Nakagawa, K. et al., Microdrilling Technology using Short Pulsed-laser, Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 52 No. 3 (2015)

PRECITEC

LÖSNING SOLUÇÃO OPLOSSING SOLUCIÓN ÇÖZÜM SOLUTION LÖSUNG РЕШЕНИЕ SOLUZIONE 解决方案 LÖSNING SOLUÇÃO SOLUCIÓN ÇÖZÜM SOLUTION LÖSUNG РЕШЕНИЕ SOLUZIONE OPLOSSING ÇÖZÜM 해결방안 SOLUTION

尖端科技 眼见为实
欢迎莅临普雷茨特上海光博会展台：

N3·3612 | 2017.3.14 – 3.16



测量

控制

加工

监控

普雷茨特
激光切割与焊接领域的市场选择
WWW.PRECITEC.CN

工业激光系统

工业 4.0、可视化和机器学习相结合，提升激光加工能力

iV Model在工作流程架构中将过程数据与图像和视频数据相结合，允许用户查看所有相关源并应用分析工具。激光加工过程。

文/Tony Lotzmann，Felix Wenzel，Udo Karsunke，Karol Kozak

随着激光系统技术的快速发展，制造过程中将会产生、捕获和维护大量数据。这迫切需要对历史数据进行分析并随之制定出相应的战略决策，并更新现有数据以支持当前的加工过程需求。

工业 4.0 趋势使基于自动化和数据交换的未来工厂愿景成为可能，将改变激光加工的优化方式。基于激光的加工过程必须变得更加智能，以从中获得最大的效率和能力。数据可视化必须与人眼视觉系统一起工作，以在加工过程中提供快速访问和快速反应，以及理解多参数、异质数据空间中的问题。

为了实现这个目标，新颖的机器学习与可视化技术相结合，将发挥非常重要的作用。本文将介绍一种将交互式可视化与机器学习技术相结合的概念，称为智能观察器模型（iV Model），用于分析焊接、切割、粘合、熔覆、涂覆和打印等应用的激光加工参数。

具有机器学习的交互式可视化

工业激光系统在数据采集和数据处理方面都非常复杂（见图 1）。随着技术的不断进步，工业激光加工所涉及的传感器、日志、图像和视频数据的大小和复杂性都在增加。并且因为激光加工过程本身存在的环境变化和不确定性，所以数据流不能由手动方法控制。

因此，自动跟踪在激光加工期间可能出现的错误类型和关键参数值，就变得至关重要。将交互式可视化应用与多参数算法相结合，是一种解决这个问题一种可行方法。

交互式可视化 [1,2] 系统为用户提供了分析所需的集成接口。结合可视化和机器学习的发现工具，可以实现更有效的数据分析，同时保留用户控制。[3]

机器学习领域涉及多参数计算机算法的开发和应用，其随着数据量的增加而改进。[4] 机器学习，也被称为人工智能或模式识别，属于计算机科学和统计学交叉领域，是试图在大型数据组中识别和发现模式的过程。

因此，机器学习有潜力使计算机能够辅助分析过程参数和由制造过程产生的复杂数据。对于机器上的传统

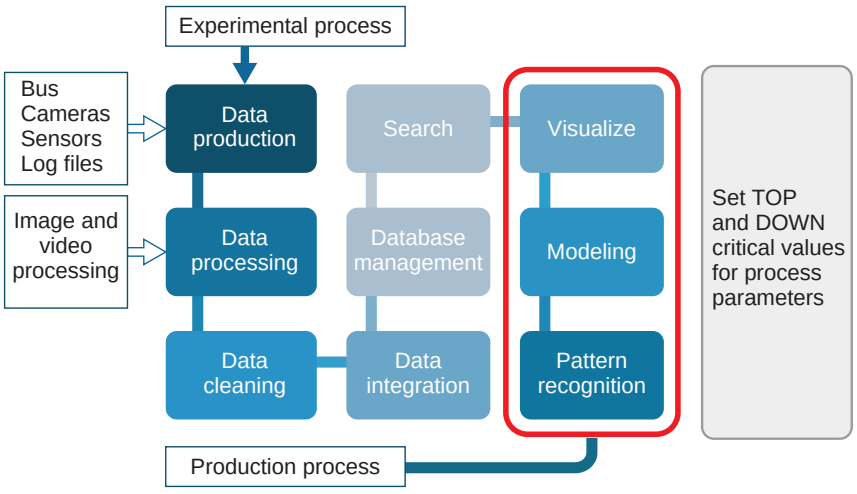


图1：激光加工数据流和智能分析在开发实验室中进行优化，并应用于生产中。

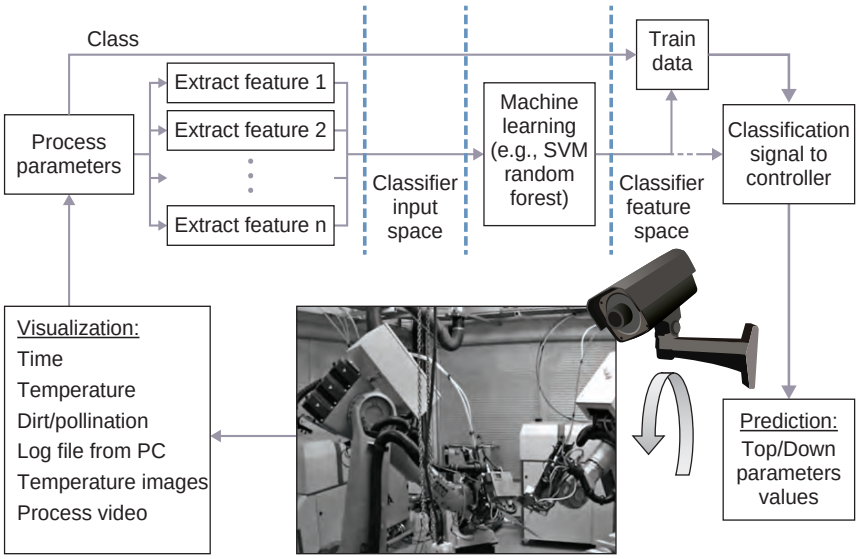


图2：在机器学习中，监督分类处理确定加工参数的临界值。

可视化方法，在复杂激光加工数据的可扩展性方面是个问题：最终用户被限制在二维和三维之间进行解释。此外，对于与大型加工数据组的实时交互式使用而言，许多可视化方法的计算负担太大。为了解决这些可扩展性问题，并实现大量高维数据集（“大数据”）的可视化数据挖掘，需要智能可视化方法。

机器学习可以开始快速了解设备，以及影响激光加工和潜在故障的所有现有信号和参数之间的因果关系。然后，交互式可视化和机器学习可以构建可靠性和性能模型，其可监控实时性能，并确定设备性能何时开始偏离规范。

这样的交互式解决方案可以用于触发适当的干预和校正系统动作。下面将介绍针对工业 4.0 过程，用于将交互式可视化与机器学习技术相结合的 iV Model。

激光熔覆加工案例

机器学习对于预测和定义大型加

我们专注半导体激光器
We Focus on Diode Lasers
BWT BEIJING 北京凯普林光电
NewBeam™ 系列
9XXnm/ 210W 高功率半导体激光器
• 光纤芯径 135μm
• 数值孔径 0.22N.A.
976nm/ 140W 波长稳定高功率半导体激光器
• 光纤芯径 106.5μm
• 数值孔径 0.22N.A.
793nm/ 140W 高功率半导体激光器
• 光纤芯径 200μm
• 数值孔径 0.22N.A.
北京凯普林光电科技股份有限公司
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：010-83681053
邮箱：sales@bwt-bj.com
慕尼黑上海光博会
LASER World of PHOTONICS CHINA
2017年3月14-16日 上海新国际博览中心
欢迎莅临凯普林光电展位：N3-3532

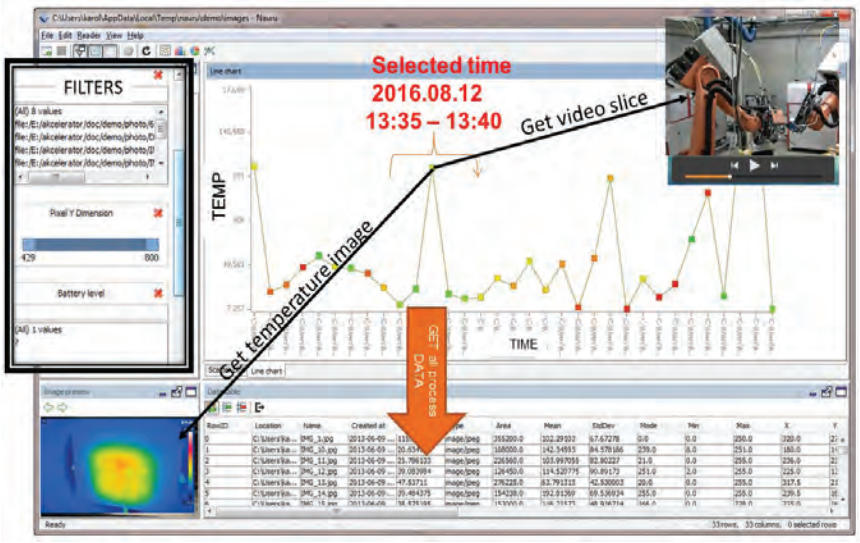


图3：机器学习和可视化的集成，使交互式协调可视化成为可能。

工数据组中的边界加工参数值非常有用，并且已经被用于实时和后处理分析。机器学习方法可以分为两种类型：监督或非监督分类器。监督方法在标记的样本上进行训练，然后用于对未标记的样本进行预测，而无监督方法在不使用标签的情况下，在数据组中查找结构。

我们将关注监督方法，因为从实验和加工开发阶段，已经知道主要的和期望的参数值（所谓的训练数据组）。训练数据包括在已经开发加工的实验室中训练的一组已知参数值。

在监督学习中，每个样本是由输入对象（通常为向量）和期望的输出值（也被称为监控信号）组成的一对。监督学习算法分析训练数据并产生推断函数，其可以用于映射新样本。图 2 中给出了监督处理的一个范例。

为了演示该过程，我们考虑一种应用，以在加工周期期间生成的所有参数数据内识别激光熔覆工艺中的意外参数值（根据实验设置的离群值）。首先，机器学习研究人员与工艺设计师一起开发算法，他们相信该算法将实现成功学习。

其次，为算法提供规范（上 / 下临界值）中的经验加工参数的大集合，以及（可选）已知未超出范围的加工参数列表。表明加工参数是否是离群值的注释被称为标签。算法处理这些标记的参数，并存储模型。

第三，将新的和未标记的参数值提供给算法，并且其使用该模型来预测每个加工参数的标签（规范值或离群值）。如果学习成功，则所有或大多数预测的标签将是正确的。

交互式可视化中的分析过程

加工数据包括有关温度、环境和功率的信息，记录多达数百万的热像仪图像，以及超过十万行和超过 20 列的图像分析结果。使用任何数据分析工具，都需要研究人员适当地调整特定数据组的这些参数，以避免在数据簇、大小或密度的数量方面的任意结果。

通过促进这种变换，交互式可视化可以促进工艺发现和计算方法的开发。现有的加工数据和信息可视化技术，已经适用于创建具有易用接口的工具，补充了整个计算方法，允许简单地解释加工参数。

通过结合安装在多种机器上的激光相关技术的数据，

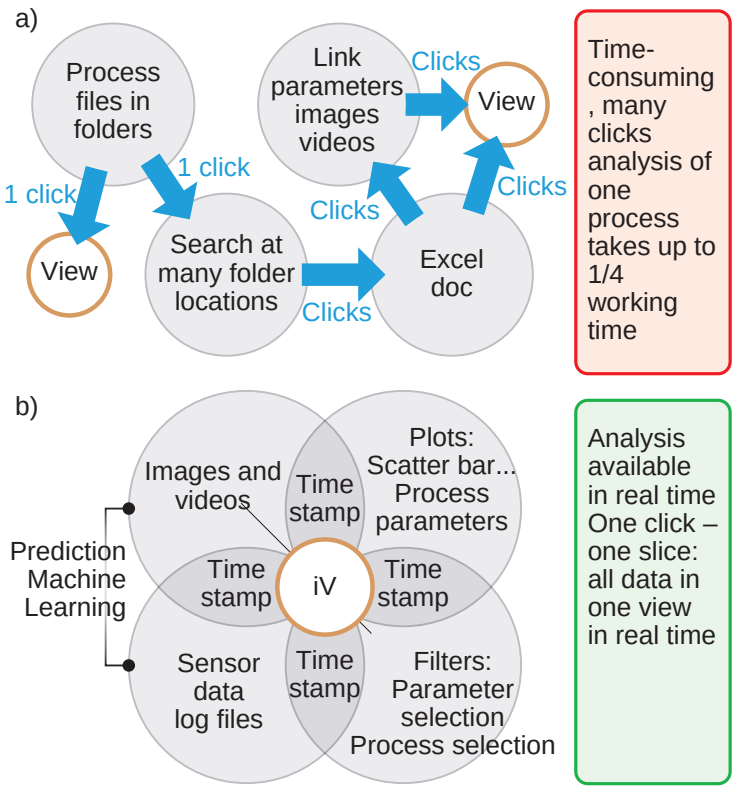


图4：分析过程的传统与交互式可视化对比。加工过程数据集的传统、耗时的分析过程需要多次点击、文件夹搜索和手动数据链接（a）；而交互式方法使用一个面板和一次点击，用户可以看到所有相关的数据源和分析工具（如图像、绘图、数值结果和滤镜）。这其中的概念是：所有信息的访问应该是直接的，并且用户动作应当最少化（b）。

并由监控系统控制（监控系统包括用于功率、温度、日志文件、速度和总线系统信号的多个传感器），该系统可以减少风险，协同提高质量，更快更准确地执行根本原因分析。通过一个一键式、单视图概念和基于工作流程架构的简单接口，可视化方法便于将加工数据与图像和视频数据连接（见图 3）。

交互式可视化的基本思想是在一个视觉框架中提供数据，允许用户通过直接与图像和视频数据交互来深入了解加工参数。交互式可视化的优点，是用户直接参与加工的所有数据通道，并且可以将操作人员的灵活性、创造力和常识，与连接到传感器和日志文件的大量数字相结合。

在 iV Model 中，数据可以在几个分析阶段可视化，并且与原始图像和视频数据相关联，保持星形模型的概念（见图 4b）：一键式单视图。在 iV Model 中，集成了机器学习的标记类，并且被表示为规范值或离群值。未修改和变换的数据组，可以交互地绘制为散点图，显示在直方图中，可以在图像观察器 / 编辑器中查看，或作为表格浏览。整个实验可以在各种概述图中以其注释的方式显示，并且可以导出图形和表格以供发布。

这种交互式可视化概念，能够应对工业激光加工中经常发生的工艺和环境条件的变化。交互式可视化和机器学习方法的组合，有望提供一种参数评估和实时分析的方法。

在这里，我们已经描述了交互式可视化和机器学习的架构，以确保计算对参数评估而言足够快。据我们所知，这是结合机器学习的交互式可视化的首次亮相，展示了激光加工在工业 4.0 中的应用。❑

参考文献

1. M. Baldonado, A. Woodruff, and A. Kuchinsky, "Guidelines for using multiple views in information visualization," Proc. ACM Advanced Visual Interfaces, 110-119 (2000).
2. M. Derthick, S. Roth, and J. Kolojejchick, "Coordinating declarative queries with a direct manipulation data exploration environment," Proc. IEEE Information Visualization Symposium, 65-72 (1997).
3. B. Shneiderman, Inf. Vis., 1, 1, 5-12 (2002).
4. T. Mitchell, Machine Learning, McGraw-Hill, New York, NY (1997).

ACCESS LASER®
We change the world using innovative CO_2 laser

稳定型CO2激光器

型号：L3S、L4S、MeritS、AL30S



○波长：10.6μm, 9.3μm, 10.3μm 可选
○功率：400mW-30W
○功率稳定度高，可达±2%，配置光谱锁定器可达±1%
○波长可长时间稳定在一条谱线输出
○特殊材质腔体设计，能实现功率、波长双重稳定

应用：光纤切割、焊接、熔接系统、医疗塑料焊接、高精密加工、太阳能电池性能测试、光学元件热畸变纠正等。

波长可调型CO2激光器

型号：L4G、MeritG、AL30G、L50G



○波长：9.2μm~10.8μm波长可调
○谱线输出最高可达60条以上
○最强谱线功率最高可达18W
○可配置自动光栅调节装置自动输出设定谱线

应用：适合对谱线数量和范围要求较高的材料分析、制造红外干涉测量仪、气体探测，热核聚变研究等领域。

调Q开关型CO_2激光器

型号：L50Q、L50GQ



○高峰值功率，可达1000W
○重复频率高，可达80kHz
○窄脉宽，小于380ns
○内置声光调Q晶体和光栅的激光器，可选谱线输出超短脉冲。

应用：适合远距离探测、靶场测量、雷达测量、地形测绘等。

超低功率CO_2激光器

型号：L3、L3S、L4、L4S、L5



○超低功率，达业内极限，功率范围400mW~5W
○尺寸紧凑，最短长度可到200mm
○体积小，重量轻，可集成便携式设备
○部分激光器可电池供电

应用：便携式设备，移动式精密检测设备，气体探测，科学研究，以及一些适合避免激光器功率过高对材料有伤害的特殊应用场合，如PCB板打标等。

CO激光器

型号：MeritCO、L50CO、L50GCO



○谐振腔内充有特殊配比CO气体
○波长：5.2μm~5.8μm
○功率最高可达6W

应用：需要中红外波段的工业应用、特殊材料的研究、医疗应用，以及有需要研发半导体材料应用的客户。

TEA CO_2激光器

型号：T60、T150、T80G



○超短脉冲宽度，<120ns
○单脉冲能量高，可到150mJ
○体积小，重量轻
○无需水冷，耗电量小

应用：适合激光雷达、激光测距、激光清洁等，可满足全天候24小时的高要求环境工作。

双功能型CO_2激光器

型号：L5D、L15D 、AL30D、L50D



○两种输出模式，能以普通连续及超脉冲方式工作
○输出连续功率5W-50W，脉冲峰值功率20W-120W

应用：适用于陶瓷、玻璃等打标及其他工艺处理；在医疗美容手术上，具备连续及超脉冲功能。超脉冲功能可以有效减少热影响区域。

大通激光（深圳）有限公司
ACCESS LASER(SHENZHEN)CO.,LTD
Tel:+86-755-88866783 E-mail：promotion@accesslaser.cn
Http//:www.accesslaser.cn

激光焊接

光纤激光机器人焊接系统在高尔夫球杆制造中的应用

文/ 李健，刘祁芳；科盈焊接自动化事业部
王伟，王文娟；IPG Photonics中国



图：由代表“绿色、氧气、阳光、友谊”的四个英文单词Green、Oxygen、Light、 Friendship的首字母缩写为Golf的高尔夫球运动，原本要更多地依靠球手的个人经验，如今却成为一项被激光技术赋予了更多机遇的运动。

随着高尔夫运动爱好者的不断增加，高尔夫球具制造商发现，虽然有些高尔夫运动爱好者球龄有限，但却希望通过一套合适的高尔夫球具，获得更好的击球体验。比如，

- 想打出高弹道的球友
- 可以流畅挥杆的女性球友
- 想通过杆身简单将球击远的球友
- 会向右弯，想打出稍微直一点的球友

同时高尔夫球具制造商还发现，一批高尔夫球赛竞技者们对高性能球具非常渴望，他们更加追求卓越的运动体验。比如挥杆更精准、距离更远；挥打更轻松，超爽击球声音等。

想要满足这些球友的需求，除了在制造高尔夫球头的过程中采用更好的材料，高尔夫球头焊接的质量也非常重要。如果高尔夫球头的焊接质量不理想，那么无论裂纹或不规则有多小，都会产生以下影响：

- 焊缝一致性和高尔夫球杆的反弹系数
- 击球时会产生不正常的声音或振动
- 产品无法在市场上获得成功

反弹系数，指的是杆头的反弹值，这是高尔夫球杆的一项重要衡量标准。国际高尔夫赛事对反弹系数有标准要求，参赛者的高尔夫球杆的反弹系数必须在允许的范围之内，系数大，击球距离远，系数小，击球距离近。

球手对自己打出的球好坏的判断，很大程度上受到了击球声音的影响。好的球杆球头，击球时产生的是一种响亮的、爆炸性的、令人侧目的声效。球手会觉得自己狠狠地把球击了出去，这绝对是极好的精神鼓励。击球声音实际上与高尔夫球杆球头使用的材料有关。同等大小、杆头壁同样厚的钢制杆头和钛合金杆头相比，钢制杆头的声音听起来要更清脆、更响亮。然而钛合金强度大、重量轻，使杆头壁更薄、杆头更大，声音也随



李健，在焊接领域有14年的工作经验，于2005年加入珠海科盈焊接公司，主要从事福尼斯（Fronius）焊接设备及自动化系统解决方案的销售与自动化事业部管理工作。



王伟，毕业于北京工业大学激光工程研究院，光学专业硕士学位，超过10年激光行业从业经验。2007年加入IPG Photonics，主要负责高功率激光器的销售工作。

mks

Newport®

光电产品的第一选择



镜片



光束分析仪器



光机械



运动控制



激光器



光学平台和隔振设备

Newport 中国

电话：+86 510 8113 5000
邮箱：china@newport.com
网址：www.newport.com

之更响。实际上，击球声音与球头的反弹系数有很大的相关性。

各种焊接方案比较

高端高尔夫球具制造商为了保持在行业中的领先地位，提高知名球手、高尔夫发烧友等最终消费者的忠诚度，在不断改进球杆设计的同时，也对合作伙伴——科盈焊接自动化设备有限公司提出了更高的制造工艺要求。为了给客户提供最合适的解决方案，科盈对其常用的 TIG、等离子焊接工艺，与新采用的激光焊接工艺进行了比较。

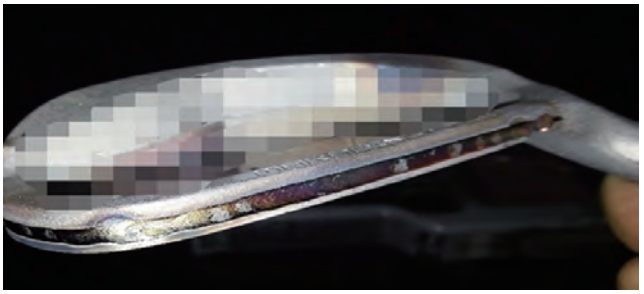


图1：使用光纤激光焊接，不容易烧到轮廓边缘，焊缝更窄。

传统的手工 TIG 焊接工艺。TIG 焊接速度较慢，且热输入比其他焊接方式大很多，热影响区大、易产生变形，一般焊缝宽度在 6~8mm，焊接前的装备间隙不高，有 2~3mm 甚至是 4mm，完全靠手工焊接起来。这样的焊接工艺使得球头的反弹系数较小，所以球头打击的准确性、声音清脆程度、打击的距离都较为一般，而且产品的一致性差，品质不稳定。

Plasma 等离子焊接工艺。等离子焊接工艺与 TIG 焊接类似，但其焊枪内部会产生压缩电弧，以提高弧温和能量密度，它比 TIG 焊接速度快、熔深大，但与激光焊接相比，其速度慢、熔深小，热影响区比 TIG 焊接小、比激光焊接大。焊缝宽度在 5~6mm，焊接前的装备间隙可以控制在 1mm 以内。使用 Plasma 等离子焊接工艺制造的球头的反弹系数比 TIG 工艺高，所以球头打击的准确性、声音清脆程度、打击的距离属于中等，而且产品的一致性较好，品质稳定。

光纤激光焊接工艺。光纤激光具有极好的光束质量，在全功率范围内光束质量一致，而且具有极高的电光转换率，能够满足焊缝全熔透和焊缝表面保护良好这两大条件。相比于其他激光焊接，光纤激光焊接工艺光束集中，焊接热影响区非常小，所以变形最小、熔深好、焊接速度快。对于不同的球头，所用材料不同，焊接要求也不同，光纤激光焊接能完全满足对球头焊接质量和焊接效率的要求。

光纤激光焊接方案优势

光纤激光焊接的速度比 Plasma 等离子焊接工艺快 2-3 倍，能焊接 0.2mm 以上的薄板，焊缝宽度在 2~3mm。此外，光纤激光焊接工艺的前道制程工序也非常严格，装备间隙更小（0.5mm 以内）。这样使得球头的品质更高、一致性更好，而且使用光纤激光焊接，可以将整个球头的制造工艺发挥到极致。例如，球头的铸造或锻造毛坯本体局部可以使用 0.5~0.6mm 的材料，使球头更轻，从而提高高尔夫球杆的性能。

通过测试比较，光纤激光焊接的球头的反弹系数，不仅能保证符合国际高尔夫球赛事对反弹系数范围的要求，而且在几种焊接工艺中是最高的，因此可以获得更好的准确性、击球声音和距离。虽然光纤激光的光斑在 0.4~0.6mm 之间，相对应的焊缝装配要求更高，但是增加了送丝补偿功能。同时，光纤激光可以更好地满足多种材料焊接需求，特别适合高尔夫球杆球头上这种需要将钛合金和其他材料焊接在一起的情况。

另外在高尔夫球杆杆面的处理上，采用光纤激光焊接具有如下优势：

- 与上一代产品相比，杆面的反弹区域扩大了 25%。这就可以将高尔夫球杆的杆面设计为 C 杯形结构，通过去除杆面的焊接部分，扩大了杆面的面积，提高了杆面整体的反弹性能，进而提高了球距性能，且提高了误击时的容错性。
- 因为结构的变化，使杆头尺寸扩大，更进一步地提



图2：使用光纤激光焊接钛合金高尔夫球杆球头。

高了高尔夫球杆的易打性。高尔夫球杆面的高度和宽度都增加了1mm，正是这 1mm 成为给予球友安全感的关键。

采用光纤激光焊接高尔夫球头，还具有显著的成本优势，例如：

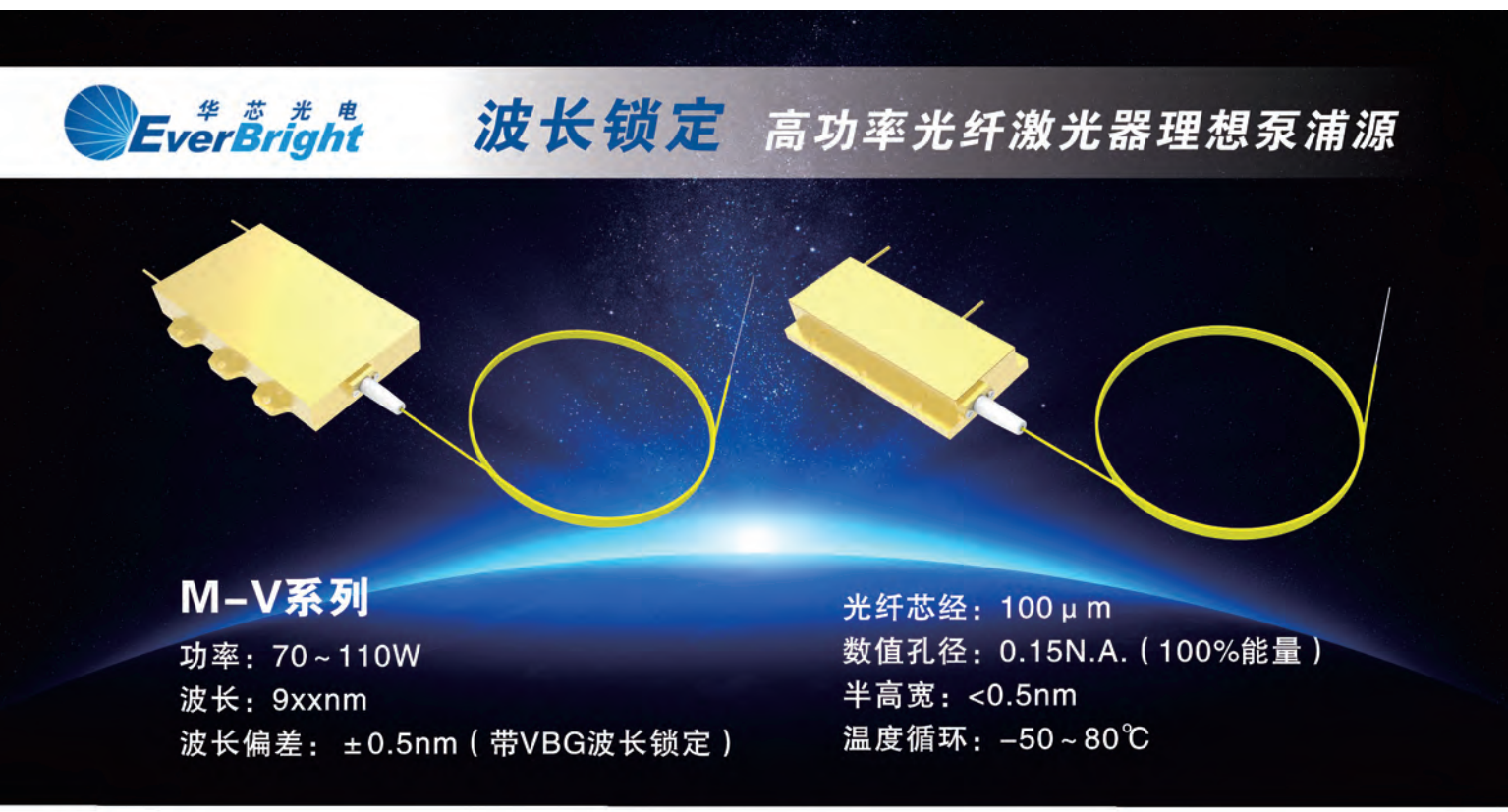
- 对于气体使用成本，由于光纤激光焊接效率与 Plasma 等离子焊接相比提升了 3 倍，因此单支球头的保护气成本降低了约 1/2；
- 对于研磨成本，由于采用了光纤激光焊接，焊缝宽度更窄，焊道余高比 Plasma 等离子焊接减低了 1/2，大大减少了焊后打磨的需要，减少了人工工时的同时，所使用的磨料也大大减少。



图3：应用于高尔夫球制造中的光纤激光机器人焊接系统。

通过与 IPG Photonics 的多次交流，科盈开发出了这套用于高尔夫球杆焊接的光纤激光器机器人焊接系统。这套系统采用了 IPG Photonics 的 YLS-3000 激光器，整套光纤激光机器人焊接系统，采用一分二的光路，可以自动切换双工位的激光提供，提高激光器的使用率，大幅提高效率；整个系统的 PLC 控制系统采用西门子、倍福的先进总线协议技术，高度集成控制，系统运行稳定。

“光纤激光器通过一根柔性集成的光纤传输能量，其全固态、全光纤的紧凑设计，不需要通过任何镜片或光学器件进行对准和调整，在以激光为基础的系统中更易于集成和操作。与传统的激光器相比，光纤激光器小巧轻便，节省占地面积。此外，由于传统激光器是通过镜片实现精密准直的，因此应用时必须非常小心；而光纤激光器的结构更加稳固，完全不需要担心这些问题。”IPG Photonics 中国区大客户销售经理王伟表示。“在使用中，我们发现光纤激光器的效率确实非常高，能节约很多电力成本，这也是我们为客户选择合适方案时必须考虑的问题。”科盈焊接自动化事业部经理李健表示。❑



微信扫一扫
获取华芯光电更多资讯

地址：江苏省苏州市高新区科技城锦峰路8号
邮编：215163
联系电话：+86-512-6937 2570
传真：+86-512-6937 2559
网址：www.everbrightphotonics.com
邮箱：Sales@everbrightphotonics.com

慕尼黑上海光博会
LASER World of PHOTONICS CHINA
2017慕尼黑上海光博会 2017年3月14-16日
N3馆3564

2μm激光应用

2μm 光纤激光器促进激光应用新发展

文/上海飞博激光科技有限公司

在过去十年中，1μm 波段的高功率固体和光纤激光器在钣金行业获得了广泛应用，已经成为金属板材切割、焊接的一个标准工具。然而，不同材料对不同波长激光的响应差异很大，例如，广泛应用于工业的基于碳氢化合物的材料，因为在 1μm 波段吸收率很低，所以很难用常规激光器获得满意的加工效果。

2μm 激光有望大幅度拓展激光的应用领域：水和碳氢分子材料出现在我们生活的每一个角落，而这两种物质在 2μm 波段有很强的吸收峰，所以 2μm 激光在医疗和非金属材料加工方面展现出广阔的应用前景；另外，由于覆盖 1.88μm、1.91μm 和 2.412μm 三个重要的分子吸收带，2μm 波段激光在遥感和光通信方面也有着重要的应用前景；同时，2μm 波段激光还是中红外波段光学参量振荡器的理想抽运源。[1]

2μm 波段激光最初是基于固体激光器获得的，不仅体积大，而且价格昂贵，因此限制了这种激光器的应用普及。近年来，随着光纤制造技术的进步，2μm 光纤激光器逐渐成熟，例如，上海飞博激光科技有限公司目前已经可以提供功率高达 180W 的 2μm 光纤激光器（见图 1），这将有望促进一大批新的激光应用领域的出现。



图1：上海飞博激光的2μm 180W光纤激光器。

在医疗手术中的应用

前列腺增生是一种严重影响男性身体健康和生活质量的疾病，药物治疗虽然可以延缓病情恶化，但仍然有相当一部分患者需要通过手术来治疗。传统的经尿道前列腺电切术类似削土豆皮，每刀只能切下一小块增生的组织，组织越大，切除的刀数越多，手术时间越长，同时要不断电凝止血，切开的创面血管暴露，冲洗液很容易被人体大量吸收，造成水中毒，危及生命。

2μm 激光经尿道前列腺汽化切除术是目前治疗前列腺增生的最理想的技术。2μm 激光通过传输光纤，通过患者的尿道到达前列腺增生处，强大的激光能量瞬间被水吸收，产生强烈的汽化切割效应，从而达到去除增生组织的目的。

2μm 激光具有高度安全性：在水环境中，2μm 激光手术系统的工作范围仅在光纤前端 2mm 以内，超过该距离的组织和器官将受到水的屏蔽而得到保护，操作安全性高。另外，2μm 激光在组织中的穿透深度只有 0.3mm（见图 2），去除组织后留下的凝固层为 1mm，具有良好的术中止血功能。[2]

2μm 激光前列腺切除手术具有手术时间短、出血少、术后恢复快、病人痛苦小的优点，尤其适合于高龄、高危患者。实际激光前列腺切除手术效果如图 3 所示。此外，

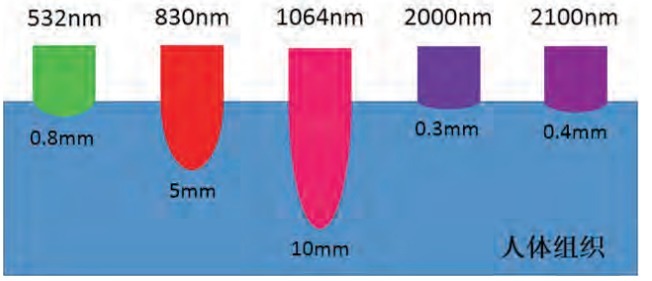


图2：不同波长激光在人体组织中的穿透深度。

A&P INSTRUMENT®
科 藝 儀 器

激光 / 颗粒 / 教育 / 实验室设备的专家

关注微信平台

SYNRAD CO_2 激光器

firestar v-series 30W

48-series 10W

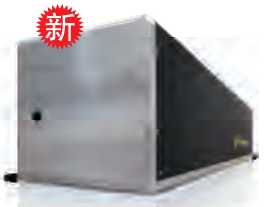
firestar f-series 200W



Pulstar series P100 新



Pulstar series P250 新



firestar ti-series 40W 25W 400W 60W·80W·100W

Pulstar series P150 新



PHOTON ENERGY

皮秒激光系统



激光模式	锁模，脉动选择 $Nd:YVO_4F$
最大平均功率	12W@500kHz
脉动能量	> 300 μ J@20kHz；100 μ J@100kHz
脉动持续时间	< 15 皮秒
频率范围	单次激发 500kHz（-20MHz 可选）
光束质量	TEM_{00}（M^2 < 1.5）
光束直径（出口）	1.5mm
冷却	风冷
激光口尺寸	480 × 302 × 2005（mm）

风冷 体积小 稳定 低成本



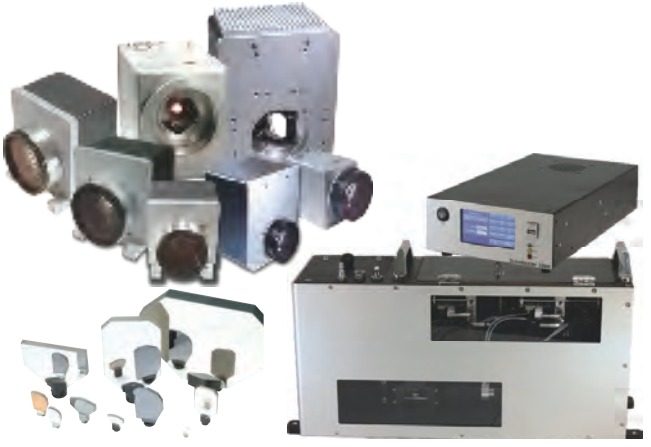
内置 PHOTON ENERGY CEPHEUS 皮秒激光器

CAMBRIDGE TECHNOLOGY

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







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

Ahico Laserline SPI Newport CAMBRIDGE TECHNOLOGY eternal sun UNIVERSAL LASER SYSTEMS INC. MSP Cole-Parmer PASCO scientific 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) 2-22468133	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) 2-22468138	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

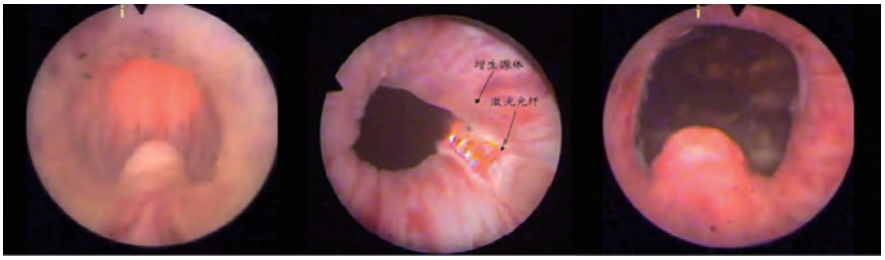


图3：2μm激光前列腺切除手术，手术前（左）、手术中（中），手术后（右）。[3]

该技术也适用于膀胱肿瘤及尿道狭窄的治疗。

上海飞博激光科技有限公司 MARS 系列 2μm 激光器的功率范围在 30~180W 之间，性能参数完全满足激光手术的要求。目前，飞博激光正与合作伙伴共同开发 2μm 激光手术设备。

在热塑性塑料焊接中的应用

激光焊接技术在金属材料加工领域应用广泛，其优异的性能早已被多个应用行业所接受，成果显著。随着绿色环保理念在全球工业生产中的贯彻以及在生产成本控制方面的考虑，塑料作为一种性能优异的可再生非金属材料，

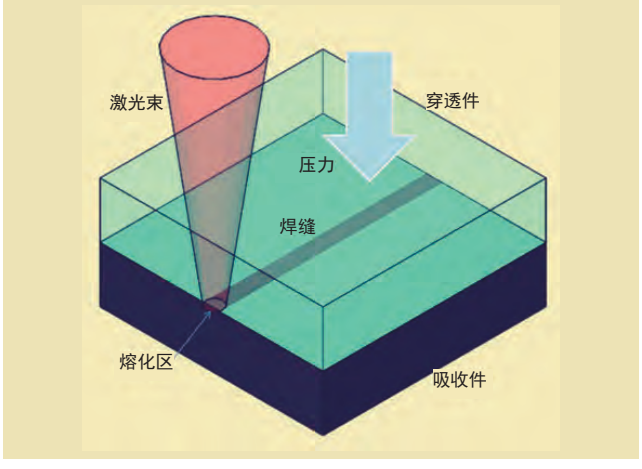


图4：激光透射焊接塑料原理图。

日益被广泛的应用在各行业的零部件设计和制造中。传统的金属部件越来越多的被拥有同样性能的塑料部件替代，这就需要对塑料零部件之间的焊接技术及焊接质量等提出很高的要求，这些变化为激光焊接技术在塑料材料领域的应用提供了契机。[4]

激光焊接塑料的原理又称为激光透射焊接，其要求是一个零件能透过激光，而另一个零件能吸收激光。在焊接过程中，激光器产生的光束聚焦于待焊接区域，即激光束透过上面零件，在两零件接触面被另一个零件吸收，形成热作用区（焊缝），如图 4 所示。热作用区处的塑料被融化，热熔状态下的塑料大分子在焊接压力的作用下互相扩散，产生范德华力，进而将两个零件紧密地连接在一起。

塑料材料一般可分为热塑性材料和热固性材料两个大类，而热塑性塑料通常可采用振动、超声波等方式进行焊接；因而，热塑性塑料理论上都可使用激光来进行焊接。

常见的热塑性塑料有：ABS（丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯共聚物）、PC（聚碳酸酯）、PMMA（聚甲基丙烯酸甲酯）、PP（聚丙烯）、PVC（聚氯乙烯）、PE（聚乙烯）、PS（聚苯乙烯）、PEI（聚醚酰亚胺）、PA（聚酰胺）等。图 5 是利用飞博激光的 2μm 光纤激光器获得的常见热塑性塑料焊接样件。

实验结果表明：采用 2μm 波长光纤激光器作为焊接源，不需要在焊接前对塑料进行改性，焊接处塑料也未发生改性、老化、变色等问题；并且在实验中发现，当两个零件都是透明材料时，也同样可以获得良好的焊接效果。

在非金属材料打标中的应用

二维码（又称 QR Code）是一种以某种规律在平面分

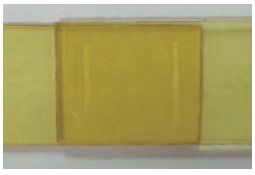
塑料种类	PEI	ABS	PA	PVC
焊接效果				

图5：常见热塑性塑料焊接样件。

布的黑白相间的图案字符，不同的分布代表不同的信息，这些信息可被计算机识别。二维码具有储存信息量大、可追踪性强、保密性高等特点，因而在产品追溯、存货盘点、安全保密、资料备援等方面具有重要的应用价值。目前，二维码已经被作为一种新型防伪和信息追踪手段，越来越多地出现在商家的广告宣传及商品包装上。



图6：激光打标二维码效果图。

喷墨和打印是目前制作二维码的两种主要方式，主要存在以下问题：这两种标记方式都是采用油墨，很容易被涂改，无法保证标记信息的唯一性；另外，喷墨和打印技术不易在覆有反光膜的纸张上留下墨迹；同时，由于喷墨会带来的污染，使其在食品包装、药品包装等领域的应用存在一定的风险。

为了提高标记信息的持久唯一性，一种行之有效的措施是采用激光打标。激光打标是利用高能量密度的激光对工件进行局部照射，使表层材料汽化或发生颜色变化，从而留下永久性标记的一种方法。激光打标不仅绿色环保，而且由于不可涂改还具有防伪功能。另外，相比于喷墨打标，激光打标不需要耗材，长期使用成本更低。

市面上常见的半导体激光打标机、光纤激光打标机在金属材料打标中可以获得令人满意的效果，但是由于材料吸收特性的限制，无法对透明塑料或纸张等非金属材料进行标记。二氧化碳激光打标机可以对非金属材料进行标记，但因为激光波长，打标精细度很低，而且二氧化碳激光器体积庞大，耗电量高，不利于系统集成。

2μm 光纤激光器集合了上述两种激光器的优点：激光器小巧紧凑，功耗低，免维护，打标速度快、精细度高，尤其适宜对非金属材料进行激光标记。图 6 为采用上海飞博激光科技有限公司 2μm 光纤激光器，分别在白纸表面和印刷有黑色颜料包装纸表面打码的实际效果图。

结束语

2μm 激光在生物医疗、非金属材料加工、遥感、光通信、科研等领域拥有诸多潜在的应用价值。相信随着激光技术的进步和激光器制造成本的不断降低，2μm 光纤激光器必将在国民经济和社会发展中发挥重要作用。❑

参考文献

1. 刘沛沛，白杨，任兆玉，白晋涛．2μm 光纤激光器的研究进展 [J]. 红外与激光工程，2009,38(1):45-49.
2. Kamalov AA, Osmolovski BE, Transurethral photoselective laser vaporization in the treatment of prostatic ademoma [J]. Urologiia, 2008, (5): 28-31.
3. http://www.lisalaserusa.com/
4. 庞振华，杨绍奎，宋杰，马跃新．激光塑料焊接技术及典型应用，机电工程技术，2010,39(4):17-20.

华光

诚聘英才

公司名称：山东华光光电子股份有限公司
招聘职位：半导体激光器高端研发工程师
职位描述：作为研发团队主要成员，独立或参与负责公司半导体激光器产品的研发工作，参与分析、解决生产中出现的技术问题和工艺难题等。
任职要求：掌握 635nm/808nm/9xxnm、GaN 蓝光激光器外延、光刻、镀膜、封装等关键技术或光纤耦合方面关键技术，该技术具有国内领先或国际先进水准。（掌握其中某一个或某几项关键技术均可；全职兼职均可）
福利待遇：一经录用，公司将提供“五险一金”、生日福利、节日福利以及富有竞争力的薪酬。
工作地点：山东济南或潍坊
联系方式：Tel：0531-88877500 / 0536-8102677；
简历投递方式：邮件主题请以“岗位 + 姓名”发送至 hghr@inspur.com
公司网站：http://www.hggd.cn/； http://lchg.inspur.com/
关注我们：

为什么要重视激光安全?

文/刘喜强，激光安全专家、TÜV 莱茵技术（上海）有限公司副总经理

自从 1960 年梅曼发明了第一台红宝石激光器以来，人类开发激光器及扩展其应用的脚步就从未停歇。

激光是指受激辐射光放大的产物，它具有单色、准直、相干及高能量密度等特性。正是由于激光这些优越的特性，人们才将激光广泛应用于人类生活中的许多环节，比如打印、焊接、切割、通讯及存储等，可以说激光为人类的生产生活带来了质的飞跃。然而，与此同时，激光也给人类带来了很多安全的问题。

激光的广泛应用带来了一系列的问题，其中安全问题最为突出。以工业加工制造中的焊接、切割应用为例，激光器功率大，生产加工环境复杂，激光生产的系统没有经过严格的激光安全评估，操作人员缺乏基本的激光安全的培训。这一系列的因素结合在一起可能会给企业或员工带来严重的损失，比如人员受伤、激光器的损坏、工厂设施的破坏等。

总的来说，目前激光应用存在的问题分为以下几类：

第一：激光器件或产品没有经过严格的安全评估和认证，存在光束危害以及电气、机械、火灾、有毒有害物质释放等非光束危害。

随着激光应用技术的快速发展，许多传统的制造行业引入了激光技术，为产品为企业带来了技术革新和新的动力，但是很多企业并没有做好激光产品安全认证的准备，对于激光的危害，激光安全的等级，评价的标准以及各国市场对于激光安全的要求规范比较陌生。

这主要表现在以下几个方面：

- 研发设计、生产加工人员没有激光工作经验；
- 企业规范中没有建立健全激光安全要求；
- 人员和设施的激光安全防护不到位。

参考 TÜV 莱茵公司 2015-2016 年度所做的激光产品认证数据分析，我们可以通过企业对于激光安全知识的调研和认证初期产品激光安全设计缺陷，这两方面来了解这一问题的严重性。

如果我们不清楚激光的危害和安全等级要求，不清楚产品目标市场的激光安全规范，就很难在产品设计之初将所有

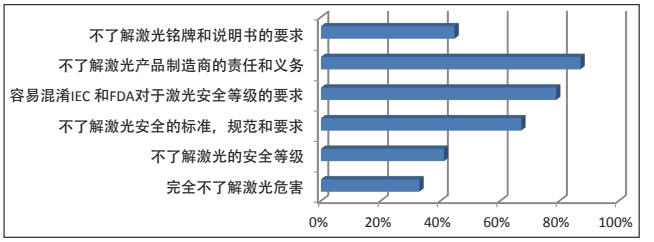


图1：TÜV 莱茵公司2015-2016年度激光安全知识调研结果（参与企业214家）。

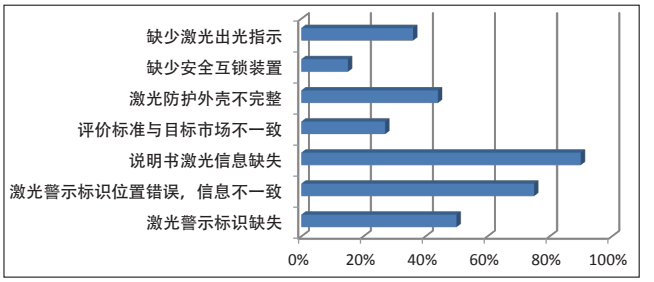


图2：TÜV 莱茵公司2015-2016年度认证初期产品激光安全设计缺陷统计。

激光安全的要素考虑进来，生产出完全符合安全规范的产品。

在我们所有服务过的客户当中，其产品激光安全设计在认证之初的缺陷统计如图 2 所示。

除此之外，由于激光安全是产品安全的一部分评估，以及部分地区和国家还没有专门针对激光安全设立强制性认证要求，这也让部分企业放松了警惕，甚至忽略了激光安全的重要性。比如，欧盟接受 CE 自我声明，即客户可以直接宣称产品符合欧盟的协调标准的要求，中国大陆还没有将激光安全作为强制性的认证要求；有相当一部分客户在产品出口到欧洲时，没有严格地做产品的安全测试，只做了自我声明，为企业埋下了很大的隐患。

第二：激光器的最终应用系统缺乏系统的激光安全评估。

激光器在客户端的应用往往需要结合激光防护屏、光纤、机器人、排风等附属设备构成复杂的激光加工生产系统。这些激光加工生产系统的系统性安全评估往往被企业所忽视。

相比于单一激光设备的安全要求来说，激光加工生产系统的安全评估要复杂的多：不仅要求激光光源的设计符合激光安全规范要求，而且要求系统各部分结合工作时防范所有可能产生的危害；不仅要考虑激光光束相关的危害，

而且也要考虑电气危害、机械危害、化学危害、电离辐射危害、有毒有害物质的危害等等。

表 1 是根据 ISO 11553-1 << 激光加工设备—通用安全要求 >> 列举的典型的非光束危害。

表1：激光生产系统典型非光束危害举例。

危害类型	举例	防护措施	验证
机械危害	机器人的误操作破坏激光防护屏，破坏激光光纤或光路，导致光束照射到墙壁，视窗等非工作区域	防护屏 限制人员接触区域 限位互锁	核查互锁电路 检查防护屏
电气危害	主要危害: 高压，能量，大电流 次生危害: 高压产生的电离辐射	设计符合电气安全标准	测试和评估
功能安全漏洞	急停开关，互锁开关，互锁电路，气瓶，气阀等不完整的设计；激光辐射的不当屏蔽	改进措施	跟踪检查
热危害	加工面烫伤	限制区域 高温警告 防护屏	测试和评估
振动	机械臂运动	隔震	测试和评估
噪声	机械运动，排风系统	隔音	测试和评估

表 2 是根据 ISO 11553-1 << 激光加工设备—通用安全要求 >> 列举的加工材料或加工方式引起的有毒害物质。

表2：激光加工材料或加工方式引起的有毒害物质。

材料或加工	有毒有害物质	材料或加工	有毒有害物质
陶瓷	- 铝氧化物（氧化铝），镁、钙、硅、 氧化铍（剧毒）	硅	- 硅或氧化硅碎片 （可吸入引起矽肺）
塑料	- 低温：烃 - 高温：苯，PAH和多卤代多环碳氢化合物（如二恶英、呋喃） - 氰化物，异氰酸酯（聚氨酯）、丙烯酸酯（PMMA）和氢 - PVC - 聚氯乙烯	金属材料	- 毒性：六价铬，锰，铜； - 过敏：重金属烟尘，锌，铜； - 纤肺：铍； - 致癌：六价铬，镍氧化物
切割	- 重金属烟尘 - UV紫外线辐射 - 高强度可见光辐射	焊接	- 重金属烟尘 - UV紫外线辐射 - 高强度可见光辐射
热处理	- 重金属烟尘 - UV紫外线辐射 - 高强度可见光辐射	打标	- 重金属烟尘 - UV紫外线辐射 - 高强度可见光辐射

同时，系统级的危害评估往往需要进行现场综合评估，不能简单地被激光光源的检测和认证所代替。在我们的调查当中，以汽车白车身加工制造领域为例，目前仍有约 45% 的激光激光生产系统没有经过全面的安全评估。

第三：激光从业人员对激光危害以及防范措施缺乏全面认识。

在我们所做的汽车工业激光生产系统评估中，往往会听到操作人员担心的问：“激光是核辐射吗”、“激光会不会影响我们的生育”之类让人啼笑皆非的问题。这些问题一方面反映了大家对激光的畏惧心理，另一方面也反映了企业对员工没有做好最基本的激光安全知识培训。在激光生产系统完成后，企业应该为员工安排一系列培训，让员工了解并熟悉以下内容：

- 激光生产系统的给各种危害及防范措施，如选择合适的激光护目镜；
- 激光警示标识的含义；
- 急停、远程控制开关、互锁开关等关键安全器件；
- 大功率激光器的管理和操作授权；
- 正常作业流程，故障排除程序等。

只有当所有员工都正确认识了激光，正确操作激光生产系统，注意防范激光生产系统所引起的各种危害，才能保证人员，设施和环境的安全。

第四：激光生产加工企业没有建立激光安全负责人制度，缺乏系统性的激光安全管理。

激光安全负责人是指企业指定的具有充足激光安全知识，能够为企业评估和管控激光危害的人员。激光安全负责人需要参与到所有可能发生激光危害的活动中，统筹管理企业内部的激光安全事项。企业需要将激光安全负责人引入到管理体系和组织架构中，赋予激光安全负责人充分的职权，形成企业内部重视激光安全的制度。

这一制度在欧美等激光生产企业很成熟，但可惜的是在国内，非常多的国内外企业都没有建立激光安全负责人制度。如果没有专门知识的人统筹管理，就不能有效地管控激光危害、及时采取防范措施，不能系统地组织人员培训，进而不能从质上提高激光产品安全设计。

激光安全问题不容小窥，我们要系统性地重视激光安全，不仅要正确认识激光的各种危害，花大力气设计符合安全规范的激光产品或系统，还要尽快在企业内部建立激光安全负责人制度，完善人员培训和作业规范。只有真正做到了这些，我们的企业和人员才能在保证安全的前提下持续健康发展。

在后续的话题中，我们将紧紧围绕着激光安全展开如下一系列讨论：

1. 通用激光产品安全等级及要求
2. 激光产品如何走向世界市场?
3. 激光危害的机理详述
4. 激光加工系统的安全设计要求
5. 如何安全的演示激光产品
6. 建立和落实企业激光安全负责人制度

激光二极管

AlGaN 纳线激光二极管发射 239nm 深紫外光

文/John Wallace

多年来，激光二极管的短波长极限，已经从可见光谱的红光端移动到了近紫外波段。然而许多应用，例如用于化学和生物化学传感、表面分析和医学用途的拉曼光谱，可以受益于深紫外发射激光二极管的发展，这类激光二极管可以用电池供电，用于便携式仪器中。

激光二极管可以倍频和四倍频，以产生短于 193nm 波长的窄带输出深紫外光。虽然这些激光器比其他类型的深紫外光源（如准分子激光器）更紧凑且用户友好，但是它们仍然不像常规激光二极管那么小巧、简单和低功耗。

最近，加拿大麦吉尔大学的研究人员制造出了一种氮化铝镓（AlGaN）激光二极管，其能够输出波长 239nm 的深紫外光，在室温下运行，并且为电泵浦。[1] 此外，该原型具有约 0.35mA 的非常低的阈值电流。

反向锥形纳米线

模拟研究表明，随机分布的 AlGaN 纳米线可以强烈约束在 240nm 光谱区域的深紫外光子。研究人员确定了反向锥形纳米线结构，以使通过下面的硅（Si）衬底的损耗最小。

在制造工艺中，纳米线自发地形成在 Si 衬底上，并且每个具有由 n-GaN 接触层、n-AlGaN 覆层、AlGaN 有源区、p-AlGaN 覆层和 p-GaN 接触层组成的结构（如图 1 所示）。研究人员介绍说，由纳米线的随机排列引起的光子重复散射导致干涉，并因此导致强的光局域化。

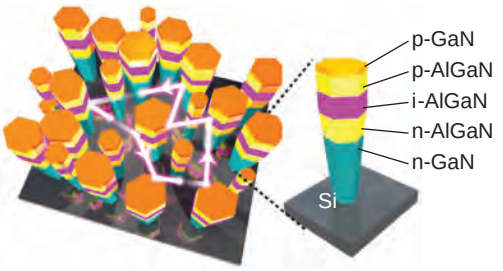


图 1：电注入 AlGaN 激光器由反向锥形纳米线的随机排列组成，如图中所示。

AlGaN 纳米线的平均填充因子为 0.55。由于纳米线的不均匀性和制造的不完善，实际电流注入和激光运行仅在其中约 50% 中发生。单根纳米线的计算腔体积和载流子复合体积分别为 0.627μm^3 和 0.165μm^3。

首先，使用 193nm 波长的激发源进行室温光致发光（PL）研究。所得到的 PL 光谱在 246nm 处具有 20nm 带宽的发射峰，表明高达 70% 的 Al 组成和良好的 Al 均匀性。大约位于 210nm 处的第二个峰，表明 AlN 壳形成在 AlGaN 纳米线侧壁上，这有助于抑制非辐射表面复合。

接下来，通过光刻和金属化方法来制造电注入的激光二极管。研究人员测量了低于和高于激光阈值的室温电致发光光谱。在阈值下工作，产生宽发射光谱。当电流达到 0.35mA 阈值时，239nm 激光线开始出现。在阈值处，线宽约为 0.9nm，但随着电流逐渐升高到约 1.4mA，线宽逐渐升高到约 1.4nm。

研究人员先前已经展示了在 262nm 和 289nm 发射的电注入 AlGaN 纳米线深紫外激光器。这些激光器具有高得多的组成调控，形成量子点状结构，产生仅仅几十微安的非常低的阈值电流。[2,3] 但是因为高组成调控抑制较短波长的激光发射，研究人员不得不提高组成均匀性，以在 239nm 产生激光发射。较高的均匀性导致量子点状性质消失，并将阈值电流提高到 0.35mA。但是 239nm 的阈值电流仍然相当低，这将有助于实现基于激光的、电池供电的深紫外仪器。❑

参考文献

1. S. Zhao et al., Appl. Phys. Lett., 109, 191106 (2016).
2. S. Zhao et al., Nano Lett., 15, 7801 (2015).
3. S. Zhao et al., Appl. Phys. Lett., 107, 043101 (2015).

CASTECH®
福晶科技

慕尼黑上海光博会 LASER PHOTONICS CHINA
展位号：N1,#1452
参展时间：2017.3.14-16

CLEO
展位号：#2022
参展时间：2017.5.16-18

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4万平方米的生产厂房。创立至今近三十年，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。

PRODUCTS

晶体

1、非线性光学晶体
2、激光晶体
3、双折射晶体
4、磁光晶体
5、闪烁晶体

精密光学元件

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

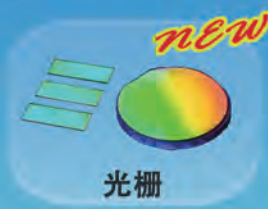
激光器件

1、高功率光隔离器
2、扫描场镜(355/1064nm)
3、扩束镜
4、声光&电光Q开关
5、温控炉（仪）

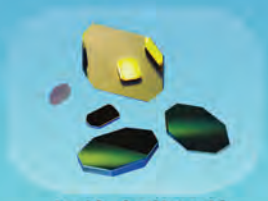

LBO


精密光学元件


BBO


new
光栅


new
CLBO


红外光学元件


TGG/TSAG
new


高功率光隔离器


$Nd:YVO_4$


扫描场镜


new
Er:Cr:YSGG

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

AMTS
Shanghai Int'l 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





中国汽车装备第一展

The leading Exhibition for Automotive Manufacturing in China

SINCE
2004

▶ 2017.9.5-9.8

上海新国际博览中心E1-E7馆

800+ 展商　80,000+ 专业观众

80,000+ 平方米展示面积

参展热线：

Tel: +86-021-64681300/64681550

Email: info@for-expo.com

关注AMTS官方微信
获取更多展会信息

forever 恒进展览

www.shanghaiAMTS.com

超快激光

利用皮秒激光清除迷雾

文/John Wallace

十多年前，法国里昂一大的一个小组在实验室中表明，当超快激光脉冲产生的光丝通过迷雾时，它们的衰减并没有像预期的那样多，因为当光丝本身被阻塞时，它从周围的“光子浴”吸回能量，补充光丝中的能量。

现在，瑞士日内瓦大学和德国通快公司（Trumpf Scientific Lasers）的研究人员，正在使用由皮秒激光器产生的光丝，再次在实验室中穿过迷雾创建出一条路径，这条路径可能允许其他类型的激光束不受阻碍地穿过迷雾和云层。这种通过皮秒激光在迷雾或云层中“开辟出的无障碍通路”，具有很多潜在应用，包括自由空间通信、遥感，或更为深远地改变局部天气。

冲击波清除雾滴

在实验装置中，利用通快的 Dira 碟片激光器产生具有 1.3ps 持续时间、波长 1030nm、能量 100mJ 的脉冲光，该输出光被轻微聚焦到 40cm 长的迷雾室中。激光器的重复频率在 100~1000Hz 之间变化，平均输出功率为 10~100W。

迷雾通过排气口吹到激光束上，为光束提供总共约 50cm 长的迷雾路径。迷雾本身由平均尺寸为 5μm 的液滴组成，但其浓度比典型的室外迷雾的浓度高约 100 倍。

飞秒激光产生了三至四根光丝，其大约承载总光束能量的 15%（其余光提供光子浴）。将光束成像到一个屏上，然后通过光学滤光片 CCD 照相机成像，该光学滤光片完全阻挡由空气中的非线性光学相互作用产生的较短波长的连续谱，但是仅部分阻挡基频波长。

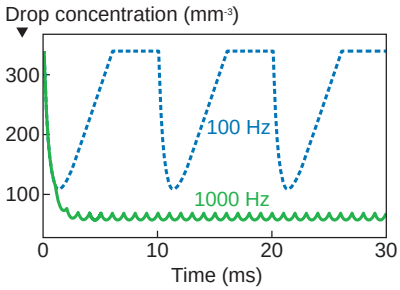


图1：计算机模拟显示，在100~1000Hz的重复频率下，由皮秒激光脉冲产生的冲击波，可以清除气缸内浓度随时间变化的水滴。注意，较高的重复频率可使路径上无液滴。

通过迷雾的光束透射率从 100Hz 重复频率下为 0.1%，到 1000Hz 频率下为 32%。在更高的透射率下，整个光束路径上，而不仅仅是成丝自身的路径上，迷雾统统被清除掉了。研究人员假设，光丝中液滴中的能量沉积产生减压（0.5atm）通道，并且空气中由此产生冲击波，从光丝以及更大的光束路径喷射液滴。

虽然重复频率为 100Hz 光束中的脉冲，可以在一定程度上从光束路径中清除液滴，但是脉冲之间的时间足够长，使得光束中的液滴在脉冲之间得以补充（见图 1）。但是重复频率为 1000Hz 的光束将产生一种稳定状态，这使得液滴在脉冲之间没有时间重新进入光束路径。❑

顶尖 PINNACLE
Your Strategic Partner in Photonics

laserpoint 功率计
•测量范围Max：12kW；Min：100W
•功率分辨率：10W
•无表头，通过USB连接PC
•损伤阈值可达250J/cm²
•波长范围：0.25–1/1μm；10.6μm

ATL ATLEX-FBG系列
ATL LASERTECHNIK 准分子激光器
•预电离技术，金属陶瓷设计
•输出波长：193nm /248nm
•单脉冲能量：10mJ / 15mJ
•最大重频：300Hz /500Hz
•脉冲宽度：5-8ns

APE Levante IR fs OPO系统
•信号光：1320-2000nm
•输出波长：1500nm> 1.2W@6W pump; 1035nm
•脉冲宽度：typ.200fs@ 200fs pump
•重复频率：approx.80MHz
•电脑控制，标准接口
pump laser not depicted

关注“顶尖科仪”微信平台：
(A) 扫一扫左图二维码
(b) 在“查找微信公众帐号”中输入“顶尖科仪”，即可添加“顶尖科仪”为好友，我们将及时与您分享顶尖科仪的最新信息。

顶尖科仪部分代理厂家（以开头字母排序）
APE · ATL LASERTECHNIK · AVESTA · BATOP · DUMA OPTRONICS LTD. · JENOPTIK · HAMAMATSU · H+P SPECTROSCOPY · laserpoint · LIGHTHOUSE PHOTONICS · MenloSystems · moglabs · onefive · INFRARED · OSTECH · mikron · SOLAR LASER SYSTEMS · Xiton Photonics

顶尖科仪（中国）股份有限公司
Pinnacle Scientific (China) Corporation
+86-571-88225151 I sales@psci.cn I www.psci.cn
微博：http://weibo.com/pinnaclesci

2016 年度湖北激光产业精彩回顾

文/刘小敏；湖北省激光行业协会

2016 年是“十三五”的开局之年，湖北激光行业风起云涌，群雄逐鹿，激光产业格局面临新一轮洗牌，迫使我们思考，如何增强企业竞争力，使企业立于不败之地？面对这样严峻的情形，湖北激光企业一方面加强自身技术、产品的改革，另一方面以协会为平台，交流友情，碰撞思想，挖掘自身的力量，同心协力，抱团发展。

2015年度湖北激光“十大风云人物”在汉揭晓

2015 年度湖北激光“十大风云人物”于 2016 年 4 月 13 日在汉揭晓，伍晓峰、孙文、周少华等当选为首届湖北激光“十大风云人物”。曾获得国家科技进步一等奖的武汉华工激光工程有限责任公司《汽车制造中的高质高效激光焊接、切割关键工艺及成套装备项目》荣获 2015 激光行业特别贡献奖。



图1：首届湖北激光十大风云人物。

2015 年是中国激光产业化 30 周年。中国这个激光大国，不仅培育起一个巨大市场，而且催生了一大批创新产品，应用在工业、医疗、文化、军事等各个领域。目前，中国国内的激光产业逐步形成了华中地区、东北及环渤海湾、长江三角洲、珠江三角洲、西北地区等五大产业集群。而湖北省激光产业占全国激光产业规模的半壁江山，产值达 50%以上。激光企业主要集中在中国光谷，这里有 200 多家激光企业。

为推动“中国制造 2025”制造强国的战略，塑造有行业公信力的优秀形象，今年 1 月，湖北省激光行业协会启动“2015 年度湖北激光十大风云人物”评选活动。据统计，2016 年 1 月 28 日—2 月 6 日共有 4.8 万余人参加第一轮网络微信公众平台投票，网络投票结束后进入第二轮专家评审阶段，评审团由 8 位业界知名专家组成。

最终评选出伍晓峰、孙文、周少华、胡中元、陈义红、吴轩、王锋、陈刚、何成鹏、刘文清当选为湖北激光十大风云人物。陈抗抗、苏革烈、李志刚、封超华荣获首届湖北激光十大风云人物提名奖暨湖北激光优秀企业家奖。

十大激光女神引爆武汉光博会

2016 年 11 月 4 日，由中国中小企业国际合作协会激光产业分会、湖北省激光行业协会、武汉中国光谷激光行业协会等单位共同举办的 SILKPRO 丝芙乐杯湖北首届激光女神大赛“十大激光女神”颁奖仪式、十大女神巡馆等活动在武汉光博会现场举行。由湖北省激光协会 11 月轮值会长、天琪激光胡中元董事长主持。由湖北十大激光风云人物及优秀企业家给十大女神颁奖并集体合影。众多媒体记者用镜头记录下了这个历史性的时刻，这也是 2016 武汉光博会的亮点之一。



图2：SILKPRO丝芙乐杯湖北首届激光女神大赛“十大激光女神”颁奖仪式。

十大激光女神名单：

1、奇致激光·邹甜
2、楚坤文化科技·陈琳
3、凌云光电·李晓叶
4、华俄激光·秦凤
5、天琪激光·魏慧敏
6、大族金石凯激光·吴婷
7、洛芙科技·毛晓莉
8、鹰飞拓光电子·谭雅文
9、当代电子硅谷·彭丽洁
10、汇科信机械电子·杨晓雨

“十大激光女神”是对激光行业女性所给予的至高荣誉与鼓励，在倡导高科技激光技术魅力的同时，也传播着个人积极正面的魅力，旨在传播激光行业的女性的健康与美丽，将自己与这个行业和事业紧密的联系在一起，打造激光行业正能量形象代言人。11 月 4 日颁奖典礼上产生的首届“十大激光女神”，成为了湖北激光行业的一道靓丽风景，代表着各自企业的代言人，甚至是整个激光行业的代言人。

湖北首届激光女神大赛自 2016 年 8 月启动，历时 3 个月持续火热，先后从颜值、才艺、专业知识等三个维度进行评比，10 月评出了一、二、三等奖、智慧女神奖、魅力女神奖 41 名。组委会通过考量综合表现，11 月最终评出了十大激光女神。

激光技术与产业发展创新论坛圆满落幕

2016 年 11 月 22 日，“激光技术与产业发展创新论坛”在武汉市花山希尔顿酒店圆满召开！论坛期间，相关单位签订共同推进量子技术产业合作备忘录、量子通信“武合干线”项目框架协议、武汉量子保密通信城域网项目合作框架协议，标志着量子保密通信城域网将开进武汉，为武汉城市圈和中部城市群的崛起提供信息安全保障。



图3：激光技术与产业发展创新论坛。

论坛以“汇聚激光，共创未来”为主题，由湖北省人民政府、中国航天科工集团公司、中国航天基金会指导，由武汉市人民政府、中国航天科工集团第四研究院、东湖开发区管委会、航天三江激光研究院、湖北省激光行业协会等单位共同组织。来自国家有关部委和地方政府，航天、激光、金融等行业相关机构及国内外知名激光企业，科研院所和高校，湖北、深圳、上海、杭州激光协会专家学者等，涵盖产学研资用孵等各方面共计 150 余家单位 400 余位领导和专家参加。

主论坛上，范滇元院士、“量子保密通信京沪干线”工程总师陈宇翱就激光技术现状及发展趋势进行主题演讲，来自北京、湖北、广东、浙江、上海等地激光领域专家学者以解读国家在激光技术领域的相关政策为导向，围绕高功率激光技术现状及发展趋势、我国激光器发展趋势、量子通信核心光电器件的研发及产业化、激光技术在军民融合领域的应用、激光器及核心器件技术与产业化、激光应用技术与“双创”等尖端科技课题展开深入探讨。

中国航天科工集团公司党组书记、董事长高红卫表示，航天科工已将激光产业纳入首批“三创新”政策特区，坚持走军民融合的产业发展之路，以产权为纽带，按照聚集人才、整合资源、市场牵引、技术支撑、资本推动的多种营运模式，为人才提供共赢机遇，为创业提供发展平台，为产业提供集聚环境，为资金提供合作项目。目前，通过国家重大科技专项支持，航天科工已发展成国内激光技术应用的领头羊，并带动国内优势激光研发单位和制造单位。

省激光协会副会长、航天科工四院副院长伍晓峰介绍，武汉光电子产业聚集，顶尖人才云集，发展量子通信产业优势明显。目前航天科工四院已成立武汉光谷量子科技有限公司，拥有法国科学院终身成就奖获得者王肇中教授以及 7 位“千人计划”专家领衔的技术团队，已经完成量子点激光器等项目的开发和应用，目前正在研发量子通信的核心元器件——单光子源和单光子探测器等产品，最快明年研发成功。届时，我国将跻身拥有国产量子核心元器件的少数国家。

当日论坛上，相关各方签署了“共同推进量子技术产业合作备忘录”，为促使备忘录落地，又完成了“量子保密通信“武合干线”项目框架协议”、“武汉量子保密通信



图4：相关各方签署共同推进量子技术产业合作备忘录。

城域网项目合作框架性协议”等签约。

在激光应用技术与“双创”论坛上，协办单位湖北省激光行业协会童吉山秘书长代表省激光协会名誉会长孙文先生致辞。童秘书长表示，湖北省激光行业协会协会已帮助 20 多家会员企业成功挂牌上市。2015 年以来，激光协会组织了 10 多个会员企业考察团赴欧洲，参加展览会，考察优秀企业和商会，寻求项目对接、收购、兼并等商机，让会员企业走向国际化。先后安排了 240 名优秀企业家到华中科技大学、华中商学院进修学习；成功组织国家工信部领军人才的项目、中德培训项目。现在协会积极的与政府部门、外地企业、展商寻求合作，力求为会员企业提供全方位的多样化服务。在国家提出“大众创业，万众创新”、“一带一路”和“2025 中国制造”等国家战略的背景下，湖北省激光行业协会将联手各会员单位，再接再厉，继续做好会员服务工作，努力为中国激光产业的发展贡献一份力量。

晚上湖北省激光行业协会精心安排了会员聚餐，并为两位 11 月过生日的会员企业家举行了小型的庆祝仪式。省激光协会副会长何成鹏、杨诚、杨林、李国清及部分嘉宾分别为寿星送上祝福，整个聚餐一片温馨，其乐融融。主持人汤林表示，今天论坛的主题是“汇聚激光，共创未来”，而现在来自五湖四海的激光同仁们欢聚在一起，正好与主题相呼应。协会就是一个家，协会的会员就是我们的家人，以后协会将继续努力，为会员企业提供更好的服务。

湖北激光年会精彩回顾：激光精英大聚会

2017 年湖北省激光行业新春联谊会（简称湖北激光年会）于 1 月 8 日在光谷成功举行。本次年会由中国中小企业国际合作协会激光产业分会、湖北省激光行业协会、武汉 · 中国光谷激光行业协会共同主办，年会以“产业 + 金融”为主题，聚焦激光技术、激光产业园、激光产业基金、激光创新创业服务平台、产融结合等内容，进行深入剖析。实现湖北省激光技术与资源共享，共同推进湖北激光产业的繁荣发展。


图5：华工科技总裁闵大勇为湖北激光年会致辞。

本次年会有幸请到华工科技总裁闵大勇致辞，闵总对本次年会三个协会合办，150 多位企业家汇聚一堂表示由衷的高兴，表达了对湖北激光行业的期许，并预祝大家新年快乐。

中国中小企业国际合作协会激光产业分会会长、湖北省激光行业协会名誉会长、楚天激光集团董事长孙文的致辞让我们了解到：“产业 + 金融”的深度融合，将成为未来的发展方向，通过协会将大家紧密的联系在一起，打造完整的激光产业链条，“打造全国最大的激光产业基地”指日可待。

在协会工作报告环节中，省激光协会吴让大会长首先上台总结，而后由童吉山秘书长进行详细汇报省激光协会 2016 年的工作及 2017 年的计划。武汉 · 中国光谷激光行业协会会长朱晓教授的汇报则大刀阔斧，谈论“势”与“务”，从当前的形势、我们的任务、实现的措施三个维度进行总结。

在轮值会长授予仪式上，吴让大会长将轮值会长流动锦旗授给 2017 年 1 月轮值会长——省激光协会副会长、洛芙科技董事长杨林博士。随后吴让大会长公布了 2017 年轮值会长名单，并依次为 2017 年各位轮值会长戴上祈福颂彩红围巾。


图6：湖北省激光行业协会2017年轮值会长。

在省激光协会授牌仪式环节，分别对新增的 4 家副会长单位、9 家理事单位，以及 2 家会员单位授牌。在表彰仪式中对 2016 年度优秀轮值会长、2016 年度会员企业“特别贡献奖”进行表彰。之后对评审通过的两家企业授予“重合同 守信用”铜牌。

在项目发布环节，七位行业专家及知名企业家进行了产业及金融方面的演讲。

1、武汉联投佩尔置业有限公司总经理孙德刚进行东湖高新集团激光产业园项目发布，项目发布结束后进行了东湖高新集团激光产业园项目揭牌仪式及签约仪式。

2、京山县政府副县长郭剑林进行华中（京山）激光产业园发布。

3、航天高投光电子投资基金陈小力总监航天高投光电子投资基金项目发布。

4、邓文俊总经理进行激光创新创业服务平台光造空

下转第39页

激光打标以及标记信息应用与展望

文/武汉嘉铭激光股份有限公司

在中国制造业快速发展的今天，基于激光技术的设备越来越广泛的应用在各个领域，比如汽车整车与零部件、钢铁、航天、五金件、厨具、钣金加工、包装、电子产品、电池、通讯等行业。根据产生激光的形式与功率的不同，可以分为打标、切割、焊接、表面处理、3D 打印等。其中，激光打标是使用最广泛、与信息化结合程度最紧密的一种应用。

打标带有一种与生俱来的、天然的属性，它能够产生数据，包括任意字符、数字、时间日期、流水号、二维码等，它们都是活的数据，千变万化，可追溯性强。标记信息是生产制造过程中非常重要的数据。如果说切割、焊接的核心在于加工工艺，那么打标的核心就是数据。有了数据，就有信息化管理的迫切需求，与数据库、网络、规模化生产等密不可分。在五金件、电子产品等领域，文字与 Logo 是必须的；在汽车领域，产生 VIN 码，重要性不言而喻；在钢铁、零部件、包装等行业，产生的时间日期、流水号、二维码等，是可追溯的保证。

为了提高生产效率、减少管理成本、越来越多的管理者开始意识到网络信息化管理在生产过程中的重要性。激光打标机系统面临着更高的要求，希望被赋予更多功能，使其能够完美地融合到整个生产信息管理系统中。比如，打标内容如果每次都是人工输入，就很容易出错。用户希望点几次鼠标就能自动获取数据，打过的记录还要保存下来，方便以后进行产量统计，这就需要打标软件具备数据库的读写功能。如果用户连鼠标都懒得点，那么可以增加条码扫描枪，扫一扫二维码，程序就自动把相关数据调出来并打标。

嘉铭激光作为一家即是激光设备制造企业又是软件企业，有自己研发的激光打标软件与控制卡，软件控制技术经过多次的迭代升级，已经逐步成熟，有为客户个性化订制软件的丰富经验。以下是几大类应用总结：

1、支持数据库，实现数据的远程或本地存储与访问，数据库类型包括 Access、SQL Server、Oracle 等。

2、通过 RS232/485 等方式，支持第三方的检测设备，包括电子秤、条码扫描枪、气密检测、温度监控等，实现关键数据的获取与处理。

3、通过以太网，支持 TCP/IP 与第三方终端进行网络通讯，实现生产数据的交互，远程指令控制。

4、通过 I/O 读写的控制方式，实现到位检测、传感器、气缸的控制，完成各种工装的夹持与运动。

5、通过与 PLC 相连，可以接入生产流水线，在线自动运行，不需要人工干预，提高生产效率。

6、个性化定制信息管理系统，包括数据写入、修改、查询、统计、上传\下载、打印单据等功能。

7、与条码打印机相结合，在打标的同时驱动标签纸打印，实现数据的可追溯性，提高生产和物流环节的准确性。

8、与工业摄像头结合，通过视觉识别工件的外形，实现工件的智能定位打标与纠错。

总之，激光打标已经不仅仅是满足于打标，我们更关注的是打标的数据是怎么进来的，又是怎么送出去的。就像现在的手机，不再只是打电话和发短信，它是一个移动智能终端，要上网，要玩微信和支付宝等等才有意思。在未来物联网技术蓬勃发展的趋势下，激光打标机的智能化、信息化扮演着越来越重要的角色，随着制造领域的技术升级，激光打标这款有着几十年应用的老设备，将会焕发新的生命力。❑

上接第38页

间发布。

5、安扬激光杨惟佳博士进行专题演讲：超快光纤激光器及其工业应用。

6、锐光信通科技有限公司研发部经理杜城进行激光光纤产品发布。

7、湖北省激光行业协会法律顾问陈礼旺律师进行专题演讲：玩转融资有话说。

本次年会在省激光协会轮值会长、天琪激光董事长胡中元主持的晚宴中拉上了帷幕。湖北激光行业新春联谊会的成功举办引起业内的巨大反响，这一次年会由三个协会共同主办，业内大咖悉数到场，预示着行业的抱团，对激光行业的发展有着重要的历史意义。❑

照明显示、工业材料加工、激光医疗领域存在较大增长机会

——访山东华光光电子股份有限公司副总经理汤庆敏

文/Rossie Pang

LFWC：请介绍一下公司概况及2016年公司的收入情况？比上一年的增长比例？哪些业务对公司业绩贡献较大？

华光汤庆敏：山东华光光电子股份有限公司（简称山东华光）始建于1999年，借国家计委重点项目发展起来，十几年来，专注半导体激光二极管的外延材料、管芯制作及器件封装的研发与生产。山东华光提供高品质、高稳定性的半导体激光器产品，产品功率从几毫瓦到千瓦级，波长覆盖紫光波段到近红外波段，广泛用于绿光泵浦、安防监控、工业加工、激光显示、医疗、美容、科研等多个领域。此外，还可以为客户定制特殊波长或多波长产品，并提供多种可选择的封装形式和附加功能，为客户提供定制产品研发和咨询服务。

2016年公司成功在新三板挂牌，业绩取得快速发展，截止2016年6月30日，公司实现收入6791.55万元，同比增长368.77%，其中激光显示、娱乐、电动工具、激光医疗等应用领域发展快速，为公司业绩贡献了巨大力量。

LFWC：中国制造业转型升级，向着更高端的智能制造方向发展，这些应用环境的变化对激光技术提出了哪些新的要求？在激光解决应用的部署上，遇到的新挑战是什么？

华光汤庆敏：长期以来，半导体激光关键器件一直依赖国外产品，华光光电激光产品的规模量产，有效地打破国外垄断，积极地参与到中国制造转型升级中，我们在做好电动工具、仪器仪表、激光医疗的同时，积极向AR产品、工业加工迈进，为智能制造，产业升级做出贡献。随着激光产品应用领域的拓展，对激光技术的升级也越来愈高，要求在半导体激光输出模式，封装形式，对小型化功率集成提出更高的要求。

激光应用在国内刚刚起步，提供满足市场迅速变化需求的高可靠性激光器是我们面临的新挑战，我们有信心，经过十几年的技术沉淀，不断地进行技术升级，会很好的参与进来。

LFWC：介绍一款在2017慕尼黑上海光博会上重点展示的产品，包括开发该产品的初衷、产品主要特性及适用的领域。

华光汤庆敏：在3月于上海举办的2017慕尼黑上海光博会上，山东华光光电子股份有限公司将展示自主研发的光纤耦合输出的6W大功率半导体激光器，其单芯片功率达1W以上，通过空间合束技术，实现了单光纤输出功率6W以上。该半导体激光器的输出波长为660nm，光纤芯径200μm，0.22NA，带有热敏电阻，适合的应用领域包括激光医疗、生物分析、舞台灯光等。

激光技术在医学领域的应用越来越被重视，红光照射对免疫功能的提高及改善微循环有着良好的疗效，特别是在光动力治疗中，选用对660nm吸收的特定光敏剂对肿瘤进行照射治疗起到显著效果。

LFWC：对2017年全球和中国经济大环境的预测？激光技术将有哪些新的市场增长机会？贵公司正在开发哪些新产品？瞄准的目标市场？2017年业绩预测。

华光汤庆敏：2017年全球经济存在不稳定性，但激光产品在中国市场预计成两位数增长。激光技术在可见光照明显示、工业材料加工、激光医疗领域存在着较大的增长机会，山东华光在这三个领域都在开发和推广相应的产品。预计2017年山东华光在业绩上将实现超过两位数的增长。

LFWC：如何看待行业并购？贵公司最近是否有这方面的考虑？

华光汤庆敏：2016年国际上几个知名激光厂家进行了有效的并购，通过并购，进行优势互补，能够更好地促进了行业发展。华光光电正在进行产业规模和技术升级，2016年成功登陆新三板，并开始接受IPO相关机构的辅导，走产业、资本双轮驱动道路，欢迎相关企业加入到我们行列中来，为中国半导体激光产业的大发展共同贡献力量。将华光光电打造成半导体激光行业的领军企业。❑

Convergent Photonics 携带双能激光器亮相慕尼黑上海光博会

——访 Convergent Photonics 公司主席兼 CEO Maurizio Gattiglio 先生

文/Rossie Pang



Convergent Photonics公司主席兼CEO Maurizio Gattiglio先生

LFWC:请介绍一下公司概况及 2016 年公司的收入情况?

Maurizio Gattiglio：Convergent Photonics 公司是一家欧洲上市公司，虽然我们暂时还不方便对外公开我们的年度财务状况，但是我们很高兴地宣布，2016 年我们在中国市场，无论是从总收入还是从市场份额方面来看，都相较于 2015 年实现了非常显著的增长。

LFWC：中国制造业转型升级，向着更高端的智能制造方向发展，这些应用环境的变化对激光技术提出了哪些新的要求？在激光解决应用的部署上，遇到的新挑战是什么?

Maurizio Gattiglio：很明显，中国的制造工业成长的非常快，有越来越多的中国企业在朝工业 4.0 迈进，当然我们也是。为了达到工业 4.0 的要求，激光器制造商不但应该更新激光技术，而且应该在传感技术和远程控制技术方面有所突破，使得激光器产品能够更加可靠稳定和智能化。

在激光解决方案方面，越来越多的定制化需求会给我们带来很多的挑战，我们希望未来通过将激光器与互联网以及云端的互联来实现这样的目标，这样一来，客户就能通过网络自己定义他们所需要的激光应用方案。

LFWC：介绍一款在 2017 慕尼黑上海光博会上重点展示的产品，包括开发该产品的初衷、产品主要特性及适用的领域。

Maurizio Gattiglio：我们所有的创新研发努力都聚焦于光纤激光器技术上，目前我们已经成功地研制出了功率从 1kW 到 6kW 的激光器。在今年的慕尼黑上海光博会上，我们将展示创新型激光器——CT6000 双能激光器。CT6000 是我们和柯马共同合作研发的基于专利技术的创新型激光器。柯马是一家全球化企业，为众多行业提供工业自动化系统和全面维护服务，尤其在汽车工业领域和焊接机器人方面非常专业。

这款高功率双能激光器集成了水冷系统，“双能”的意思是指它包含了两种激光技术，适用于多个激光工业领域。CT6000 装配了两根不同的加工输出光纤，一根是高功率低亮度光纤，专用于焊接 / 铜 焊（BPP=66mm*mrad）；另外一根是相对低功率但亮度更高（BPP=3.2mm*mrad）的光纤，专用于切割 / 远程焊接。

CT6000 双能激光器的使用非常方便，只要一键就能实现两种激光发生器之间的转换，具备如下特征：

- 灵活度最大化，同一个激光发生器可以用于几乎所有的技术应用；
- 更广的应用跨度，适用于切割、激光焊接、铜焊、喷镀；
- 占用更低的客户成本；
- 它是从低产能到中端产能的最优选择，可以在不同工作之间切换

两个配置功能之间的切换不需要重新校准或者调整，而且只需要几秒时间。该激光发生器将会独立监视两根光纤光缆的安全性，而且允许在一根加工光纤输出的同时，另一根断开连接或者它的工作单元通到可变单元。基于 Convergent Photonics 在高功率激光工业领域多年的经验，这款全新的 CT 系列激光器拥有尖端背光反射保护技术，该技术使耦合的反射光通过纤模剥离技术剥离掉，这样可以安全地在激光器的几个关键地方耗散掉不想要的光。

LFWC：目前贵公司正在开发的新产品有哪些？这些产品瞄准的应用市场?

Maurizio Gattiglio：目前，Convergent Photonics 正致力于将光纤激光器的输出功率提高到 8kW，同时我们推出了 1kW 紧凑型光纤激光器，可应用于切割、焊接和增材制造等应用领域。于此同时，我们的产品从内部专供转而向第三方市场开放，目标在于为我们的客户提供一系列更灵便的产品，客户可以选择采购功能齐全独立的交钥匙型激光器，又或者可以选择采购我们模块 / 套件等，这样可以满足客户定制化打包方案的需求。

下转第42页

Newport六轴并联定位系统新成员HXP200–MECA

Newport 的六轴并联定位系统再添新丁 HXP200-MECA，其与 Newport 原来的 HXP50、HXP100、HXP1000 系列一起，为用户提供更完善的产品线。



HXP200 高负载六轴定位系统，为满足需要六轴运动（XYZ、UVW）的工业应用而开发。标准版本可承载 50kg 的负载，S 版本可承载 85kg 的负载。这两种型号都提供亚微米级的最小增量运动（Z 轴 0.1μm，U、V 轴 0.0001°）和高达 81mm/s 和 41° /s 的运动速度。与所有 Newport 的 HXP 产品一样，HXP200 具有可编程和 RightPathTM 轨迹控制功能。

除此之外，Newport 还引入了 HexaViz Hexapod Simulation 软件。HexaViz 软件能相对于应用可视化各种 Newport HXP 六轴定位系统。所有的移动都可以被模拟，并且当包括负载时，能够进行分析以处理在各个命令位置处的负载。

六轴定位系统的主要特征有：

- 紧凑、集成的六轴定位器
- 重量轻、刚度高（特别是 Z 轴）
- 由软件设置的两个虚拟的旋转中心
- RightPathTM 轨迹控制
- 计算机模拟仿真
- 精度和重复性的保证
- 无运动电缆
- 无运动误差累计
- 5、20、50、450 公斤的中心承载能力

HXP 系列六轴定位系统是并联运动设备，提供六维自由度运动：X、Y、Z、俯仰、卷动与转动。它特别适用于需要高负载和高精度能力的六自由度复杂应用，由六个经业界证明的高性能促动器构成。Newport 利用自行设计的独特接头和促动器，使 HXP 六轴定位系统拥有比其他同尺寸的六轴定位系统更高的负载和刚性。

HXP 系列六轴定位系统的主要应用领域包括：干涉测量、光学定位、真空环境下的多轴运动、光纤对准、显微技术、衍射仪以及航空、仿真、自动化生产等应用。

Newport，www.newport.com

单巴条50W锁波长光纤耦合模块

西安炬光科技股份有限公司推出单巴条 50W（CW）锁波长光纤耦合半导体激光器模块。该产品基于炬光科技 FocusFiber® S 系列产品技术平台，采用体布拉格光栅（VBG）外腔反馈技术实现波长锁定，中心波长范围可控制在 ±0.5nm，光谱宽度 FWHM ≤ 0.5nm，光谱效率≥ 90%，产品可选波长有 793nm、880nm、976nm 和 981nm 等。



该产品适用于固体激光器泵浦、科研及生命科学等应用。针对固体激光器泵浦要求的较大芯径尺寸（400μm/600μm /800μm）以及良好的光斑均匀性，通过优化的大光斑光路设计及匀化设计，能保证该产品光能量在整个芯径面积上更均匀的分布，最终实现更高的泵浦效率，是固体激光器泵浦源的理想选择。

炬光科技，www.focuslight.com.cn

TruPrint 1000：紧凑、稳定、精确的3D打印系统

TruPrint 1000 激光金属熔化技术系统，能生产出更高质量、更精致、几何形状更复杂的轻便型产品。体积小，触摸屏操作，使用简单。可移动操作和监控，并可实现远程诊断与可视化在线支持服务。

TruPrint 1000 通过激光熔化粉末层来加工复杂的金属零件，以平行的方式协调粉末涂层和激光照射来生产零件，将停机时间减到最低限度，实现更快的处理速度。能生产一次性的原型零件，或实现小批量生产。



上接第41页

Convergent Photonics 现在主要关注于激光切割、焊接和增材制造市场。另外值得一提的是 Convergent Photonics 的研发技术能力，完全能满足客户定制化特种激光设备技术方案的需求，如果客户有这方面需求的话，可以放心地来找我们。

LFWC：未来在中国市场的发展计划是什么？

Maurizio Gattiglio： Convergent Photonics 是国际化集团的一部分，我们的目标在于通过本土化生产来增长当地的业务，尤其像中国和远东地区这样有高速发展潜力的地区。这也是为什么我们有计划未来在中国投资开设新的公司。❑

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
© 2017 版权所有 翻印必究

TruPrint 1000 采用模块化设计理念，多种可选软硬件配置，可灵活满足客户定制的需求。比如不同直径的聚焦光斑、不同的涂层厚度、可更换的小直径粉筒、高精度的氧传感器、气体过滤系统和编程软件模块等。

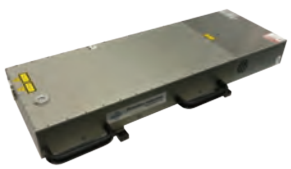
为了满足不同行业的特定需求，通快定制了针对不同应用的最优化 TruPrint 1000 解决方案，包括工业套装、实验室套装、珠宝套装和牙科套装，方便用户使用。

TruPrint1000 可加工多种材料，如不锈钢、工具钢、钴铬、铝、镍基合金、钛及钛合金、贵金属、青铜。

Trumpf，www.trumpf.com

高脉冲能量皮秒激光器实现镜面级的玻璃切割面质量

Photonics Industries（PI）公司的 RGH 系列激光器紧凑型工业级皮秒激光器，脉冲可控制，可以按需单独触发，和突发模式操作，输出功率高达 70W @ 1064nm。



通过从单脉冲到 8MHz 的可调重复率，用户可以改变工作功率或脉冲能量，以最大限度地提高工艺灵活性。 RGH 系列是唯一具有市场上最大灵活性的工业皮秒激光器。

ATTON Eng 公司使用 RGH 1064 系列高脉冲能量皮秒（10~15ps）激光器，切割用于平板显示器和手机屏幕的薄片玻璃，获得了镜面般的表面切割质量。

市场上其他基于超快激光的玻璃切割方案，只能产生粗糙度约 ra~100nm 的表面切割质量，但是 ATTON 公司使用 PI 的 RGH 激光器，开发出了一种新型“镜面专利”工艺，实现了粗糙度 ~0.005μm（即 ~5nm）的表面切割质量，进而在激光切割之后保持了优异的玻璃强度。

RGH 系列皮秒激光器牢固可靠，能适应苛刻的工业制造环境，适用于金属雕刻 / 标记、LED 切割、薄膜去除、小功能结构、玻璃、蓝宝石和陶瓷切割、钻孔及 3D 激光雷达等应用。

Photonics Industries，www.photonicsindustries.com

爱特蒙特光学®和VARIOPTIC 宣布EO目录新增ARCTIC系列可变焦液态透镜

爱特蒙特光学 ®（EO）和 Parrot Drones SAS 旗下的 Varioptic 宣布 EO 目录新增 ARCTIC 系列可变焦液态透镜。用户可选择 Varioptic 的 ARCTIC 系列 25H0（2.5mm 通光孔径）液态透镜和 39N0（3.9mm 通光孔径）液态透镜及相对应的开发和评估套件。



除了这两款产品，爱特蒙特光学 ® 还推出了采用 C 接口的 Cx 系列新品。这款镜头采用模块化设计，Varioptic 液态镜头可以直接嵌入 C 接口镜头。

除了 ARCTIC 系列透镜，Cx 系列镜头可以让客户专注于成像，以通用方式测试液态透镜，该镜头非常适用于机器视觉和生命科学领域。

爱特蒙特光学，www.edmundoptics.com

Advertiser	广告商名称	网址	页码
大通激光		www.accesslaser.cn	21
Aerotech Inc.		www.aerotech.com	BC
A & P Instrument Co., Ltd.	科艺仪器有限公司	www.anp.com.hk	27
AMTS	上海国际汽车制造技术与装备及材料展览会	www.shanghaiAMTS.com	34
北京凯普林光电		www.bwt-bj.com	19
CASTECH Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	33
Coherent Inc.		www.coherent.com	15
ELIXIR PHOTONICS		www.antelaser.com	11
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/037-8615	9
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	25
飞博激光		www.feibolaser.com	4
华光光电		www.hggd.cn	29
Laser Fair	中国(深圳)激光智能制造博览会	www.laserfair.cn	IFC
LaserFocusCon	激光聚会	www.laserfocusworld.com.cn	1
Photonics China Expo		www.cipeasia.com	IBC
Lumentum Operations		www.lumentum.com	7
Newport	理波光电	www.newport.com	23
PCO AG		www.pco.de/ www.pco-tech.com	13
Pinnacle Scientific	顶尖科仪	www.psci.cn	35
普雷茨特精密技术(上海)有限公司		www.precitec.cn	17
莱茵技术		www.tuv.com	30-31
II-VI		www.ii-vi.com.cn	5

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
Alan Bergstein
alanb@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

Wuhan (武汉)
Sky Chen (陈燕)
skyc@actintl.com.hk
Tel: 86 137 2373 9991
86 27 5923 3884/1564

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

Beijing (北京)
Cecily Bian (边团芳)
cecilyb@actintl.com.hk
Tel: 86 135 5262 1310
86 10 67484833

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

Asia (亚洲)

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

Taiwan (台湾地区)
Rebecca Tsao (曹宇容)
rebecca@arco.com.tw
Tel: 886-2-23965128 x 203

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

North America (北美)

East, South & Central
Jeff Nichols
Jeffn@pennwell.com
Tel: 1-413-442-2526

West & Mountain
Anne Marie St. John-Brooks
annemarie@pennwell.com
Tel: 1-510-606-0630

Austria, France, Germany, Ireland, Russian Federation, Switzerland, UK (奥地利、法国、德国、爱尔兰、俄罗斯、瑞士、英国)

Holger Gerisch
holgerg@pennwell.com
Tel: 49-0-8847-6986656

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

第九届光电子·中国 博览会

9th PHOTONICS CHINA EXPO

同期举办：

全球智能工业创新大会

全球创新技术成果转移大会

2017年6月6-8日

中国国际展览中心(新馆)

规模：总面积50000平米

2000余家参展商

汇聚观众10万。

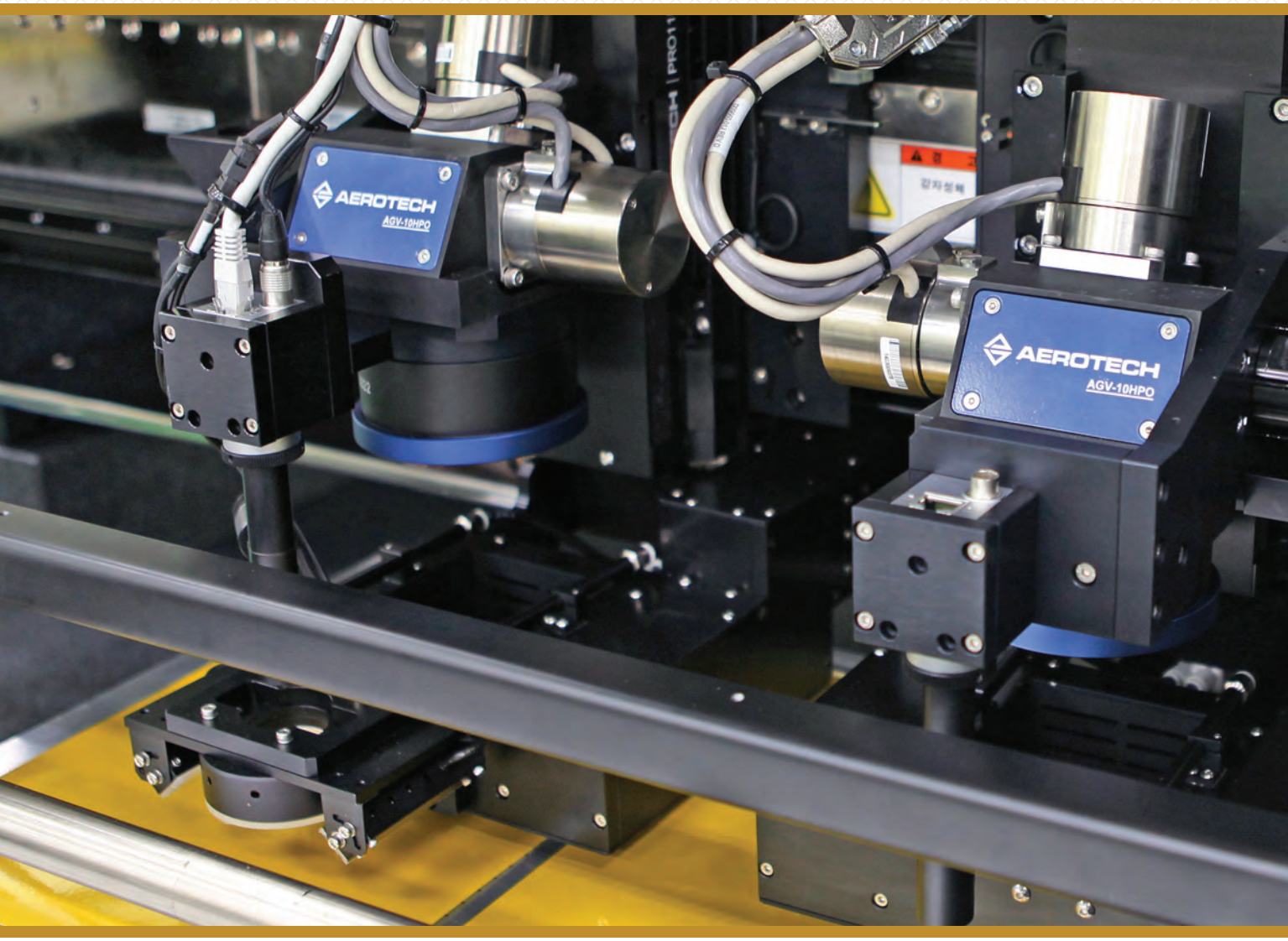
官方网址：

www.cipeasia.com

扫描二维码，现场领取大奖

Aerotech全新的Nmark和AGV-HPO
扫描振镜电机

精准• 稳定 • 灵活 • 可细分 • 经济



高精度
1微米精度

高稳定性
兼顾长时
间工性能

配置灵活
10到30mm孔,
兼容不同波段
激光波长

易于集成
无布线干扰
激光束运动

经济实惠
开放式框架
设计降低成本

请马上联系我们激光加工和微机械机加工组讨论您的应用。

Ph: +86 (21) 6126 1058 • Email: sales@aerotech.com • www.aerotech.com
WORLD HEADQUARTERS: USA
THE AMERICAS • EUROPE & MIDDLE EAST • ASIA-PACIFIC

AEROTECH® *Dedicated to the Science of Motion*

AF0416B-LPM-ZH-CN