光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2019年3/4月 第2期
ISSN: 1817-6917

激光世界

LaserFocusWorld® China



高功率二极管激光器专注于提升实用性
28

第三波生物特征识别应用正在重塑VCSEL行业 12

面向多功能复合材料的激光加工方法 22

研究工作为高功率二极管激光器提供新能力 30

ACT

PennWell®

微信公众号

Think Precise

40 Yesrs of Innoveation



扫频 OCT 系统

工业、医学成像与传感应用

- 非侵入式，无损检测
- 光谱式气体传感



可调谐激光器

以快速、精准、极致、可靠为本

- 稳定获取 WDL & PDL 数据
- 硅光子器件测试

santec The Photonics Pioneer since1979

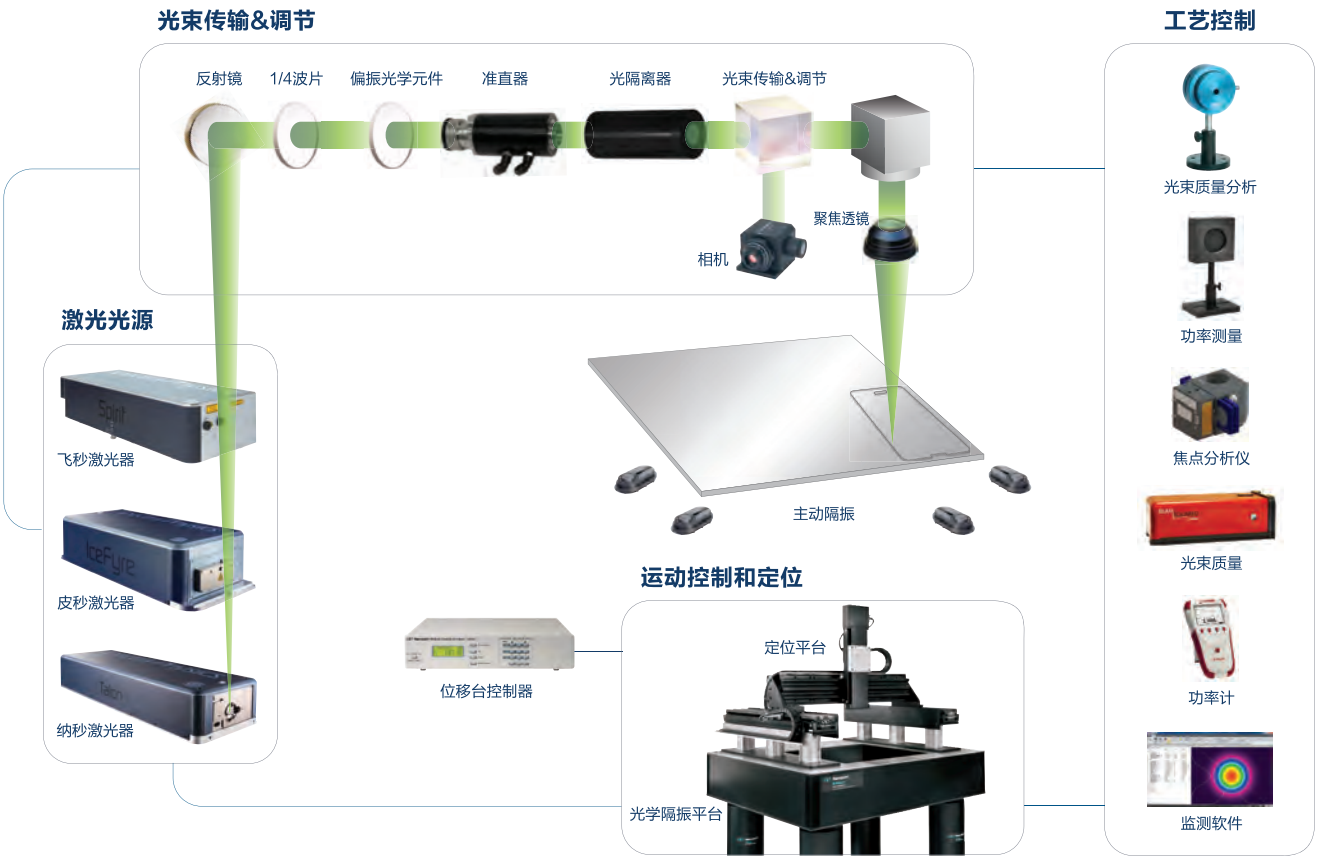
info@santec.com
www.santec.com

扫频 OCT 系统

可调谐激光器

Surround the Workpiece℠

针对需要先进激光解决方案的市场需求，MKS提出了Surround the Workpiece℠，我们提供关键的元件、系统以及服务以帮助客户成功实现这些解决方案。



电话：400 799 8000　　邮箱：china@newport.com

网址：www.mksinst.com　　www.newport.com　　www.spectra-physics.com　　www.ophiropt.com

mks | Newport® | Ophir® | Spectra-Physics®



28 封面故事
高功率二极管激光器
高功率二极管激光器专注于提升实用性
二极管在封装和实施方面的最新进展，正在改变高功率二极管激光器应用的实用性和经济性。

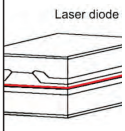
技术中心

30 二极管激光器



研究工作为高功率二极管激光器提供新能力
德国柏林Adlershof开展的研发工作，已经改进了高功率二极管激光器的设计，使高功率二极管激光器在效率、峰值功率、亮度和发射光谱范围方面都获得了提升。

34 驱动电路



半导体激光二极管APC驱动电路解析
该APC驱动电路可以实现外界因素变化时的自身调节，保持光功率相对稳定。也可以主动调节可调电阻值来实现光功率的变化，满足客户对小功率激光器的不同光功率要求。

光子学产品

36



雷达系统
汽车激光雷达与光子学产业密切相关
自动驾驶汽车的火爆，带动了激光雷达市场的迅猛发展，而激光雷达地发展也为光子学行业带来了利好。

商业论坛

46



高功率激光二极管，为特定的利基市场而生
——访Lasertel公司总裁Mark McElhinney

市场风向标

12 生物特征识别



第二波生物特征识别应用正在重塑VCSEL行业
虽然指纹识别技术仍然主导着生物识别市场，但是随着3D人脸识别和其他基于光子学的安全应用的发展，生物识别市场正在发生巨大的变化。

应用天地

16 激光清洗



激光清洗的应用案例
从制造工厂和医学实验室，到汽车、航空和钢铁制造业，激光正成为材料表面清洁的首选方法。

22 复合材料加工



面向多功能复合材料的激光加工方法
研究人员正在研究和开发用于复合材料的经济型连接、切割、烧蚀和钻孔的激光加工方法。

24 过程控制



CLAMIR精确控制先进的激光制造工艺
与可见光波段的CMOS相机相比，高速中红外相机和软件系统，可以更精确地实现熔池监测。

6 编者的话
8 前沿简讯
48 产品撷英
52 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

Zemax



引领光学设计的未来

Zemax 原型样机仿真帮您加快产品上市速度并降低成本

Zemax 原型样机仿真并不只是用来单独创建光学或机械部件的仿真样机，而是用于创建完整光机产品仿真样机的唯一解决方案。Zemax 原型样机仿真可以帮助您在创建物理样机之前，通过模拟光线如何穿过完整的光机系统来降低开发产品所需的时间和成本。



工程管理电子指南：
适用于光学产品设计团队的六个最佳方法

扫描右侧二维码，关注后回复“**电子指南**”，获取免费下载链接。

Zemax

Tel: 021-62713200
Email: china@zemax.com

慕尼黑上海光博会
LASER PHOTONICS CHINA
2019.3.20-22
上海新国际博览中心

欢迎莅临 Zemax 展位：**W4.4568**



28 COVER STORY

High-Power Diode Lasers

High-power diode lasers focus on improved utility

Recent advances in diode packaging and implementation are transforming the utility and economics of applications for high-power diode lasers.

12 MARKET WATCH



Biometric Security

The second wave of consumer biometrics is reshaping the VCSEL industry

Fingerprint identification technology still dominates the biometric market, but big changes have come with 3D facial recognition and other photonics-based security applications.

APPLICATIONS

16 Laser Cleaning



Applications for laser cleaning

From manufacturing plants and medical labs to the automotive, aviation, and steel fabrication industries, the laser is becoming the most preferred method for surface cleaning of materials.

22 Composite Processing



Research team to develop laser processing methods for multifunctional composites

A team of researchers at the Fraunhofer Institute for Laser Technology is studying and developing laser processing methods for economical joining, cutting, ablation, and drilling of composite materials.

24 Process Control



CLAMIR precisely controls advanced laser manufacturing processes

A high-speed mid-infrared camera and software system monitors melt pools more accurately than visible CMOS cameras.

TECHNOLOGIES CENTER

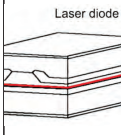
30 Diode lasers



Research gives high-power diode lasers new capabilities

R&D at Berlin Adlershof has resulted in design improvements for high-power diode lasers that are boosting efficiency, peak power, brilliance, and range of emission spectra.

34 Drive Circuit



Analyzing the APC driving circuit of semiconductor laser diode

The APC driver circuit can realize the self-adjusting when the external factors change and keep the optical power relatively stable. It can also actively adjust the value of adjustable resistance to achieve the change of optical power to meet the different optical power requirements for customers.

36 PHOTONICS PRODUCTS



Lidar Systems

Automotive lidar draws heavily on photonics industry

The popularity of autonomous vehicles led to the rapid development of lidar market, and the development of lidar also brought benefits to photonics industry.

46 BUSINESS FORUM



High-power laser diodes, niche by nature

——an interview with Mark McElhinney

6 EDITOR'S NOTES

8 LEADING EDGE SNAPSHOTS

48 PRODUCTS HIGHLIGHTS

52 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.

全新一代

尖端科技

PROCUTTER 2.0 – 从优秀到卓越

PRECITEC

MADE IN GERMANY

全新一代**ProCutter 2.0**高功率智能切割头，快捷、高效，表现力更佳更持久——最高功率**15kW**,可切平面和管材；并以高品质加工从薄板至厚板的各种材料。



了解更多详细信息!
http://www.precitec.cn/products

普雷茨特 激光切割的精益之道

欢迎莅临普雷茨特慕尼黑上海光博会
展台：W2-2412
2019.3.20 - 3.22

www.precitec.com

VCSEL 市场爆发，旁观 OR 参与？

来自市场研究公司 Markets and Markets 的 2018 年 VCSEL 市场报告显示，垂直腔面发射激光器（VCSEL）市场，将从 2018 年的 17.8 亿美元增加到 2023 年的 38.9 亿美元，年复合增长率（CAGR）高达 16.9%。

市场研究公司 Yole Developpement 最近的调查研究显示（p12），自从苹果在其 iPhoneX 中集成了 3D 人脸识别功能以后，其他各大智能手机厂商纷纷跟随这一趋势，华为、三星、Vivo、小米、OPPO 等主流智能手机厂商，都在其终端产品中采用了 3D 人脸识别技术，3D 人脸识别功能有望成为智能手机的标配。

实现 3D 人脸识别功能，自然离不开 VCSEL，这也使得这项诞生于上个世纪 70 年代的半导体激光器的应用，从光数据通信领域拓展到了智能手机领域。预计自 2017 年开始的未来五年间，智能手机中的人脸识别功能，将促使市场对 VCSEL 的需求量增长 10 倍以上。

除了 3D 人脸识别应用，还有一项当下炙手可热的应用，也在驱动着 VCSEL 市场的强劲增长，即用于自动驾驶的激光雷达。VCSEL 凭借功耗、体积和价格等优势，深受激光雷达应用的青睐。随着无人驾驶汽车的逐渐普及，车载激光雷达市场规模将保持高速增长态势，随之而来的对 VCSEL 的需求也必然会水涨船高，这部分市场将是驱动 VCSEL 市场增长的另一个强劲动力。

VCSEL 的走俏也让这个市场迎来了更多的资本注入、新的参与者和此起彼伏的并购行为，比如通快收购了 Philips Photonics、ams 收购了 Princeton Optronics、II-VI 收购 Finisar 等等，这些老牌厂商都在通过不断的垂直整合，来提升自身的技术能力，完善产品组合，从而形成更高的竞争壁垒。

在众多国际巨头争抢 VCSEL 市场的情况下，国内也有像长光华芯等多家厂商努力在 VCSEL 市场分得一杯羹，目前长光华芯已经实现了 VCSEL 芯片的全线国产化。

面对 VSCEL 市场的广阔前景，对于很多国内厂商而言依然很难突破技术壁垒，那么面对这个火热的市场，就只能望洋兴叹吗？亦或是可以考虑通过资本投入、产业链整合等其他方式来参与？

在本期内容中，我们还为读者提供了关于二极管激光器方面的几篇文章，比如通过在封装和实施方面的进展，提升了高功率二极管激光器的实用性（p28）；最新的研究工作进一步改进了高功率二极管激光器的效率、峰值功率、亮度和发光范围（p30）、小功率半导体激光器的恒定功率驱动电路解析（p34），以及 Lasertel 公司总裁 Mark McElhinneydui 先生对高功率激光二极管市场的独家观点（p46）。希望这期内容对您有帮助。❑

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

慕尼黑上海光博会
LASER World of PHOTONICS CHINA
欢迎光临 贝林激光 展位：W2-2428

红外 MAX 75W
绿光 MAX 45W
紫外 MAX 30W

工业级皮秒激光器

「脉宽 < 15ps」

「DPSS固体皮秒激光器」

「超过1000 台皮秒激光器销售及应用」

「应用领域：5G、半导体、显示、医疗等」



敬请关注微信公众号

飞秒 | 红外 20W | 40W

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

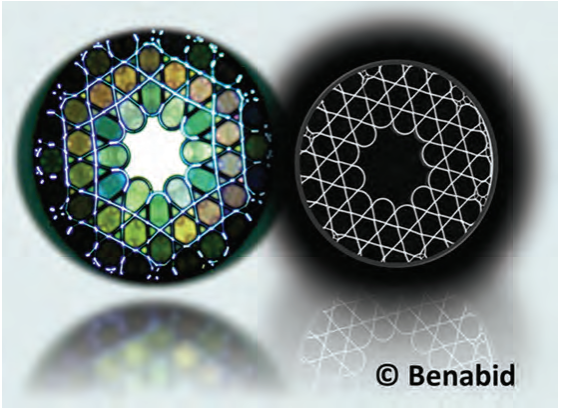
苏州贝林激光有限公司（联系方式）

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

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

充气空心光子晶体光纤激光器发射 4.6μm 激光

充气空心光纤，是将光纤激光器的波长进一步推进到红外（IR）区域的一项关键发展，尤其是将波长推进到对于遥感和自由空间通信非常有用的 3~5μm 的大气传输窗口。



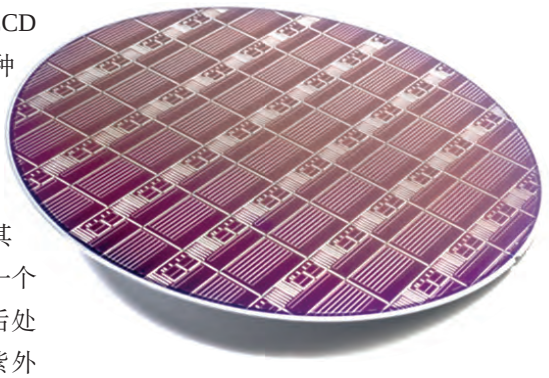
针对此目的一种重要的中红外光纤，是空心光子晶体光纤（HCPCF），它可以由二氧化硅（SiO_2）制成，尽管随着中红外波长的变长，二氧化硅会对光产生强烈吸收。对于硅基 HCPCF（以及其他类型的空芯光纤）来说，重要的是设计上的进步，这实现了导模场仅与玻璃包层轻微重叠，使吸收最小化，从而获得更长的发射波长。现在，新墨西哥大学、法国 Xlim 研究所、摩德纳大学和意大利 Reggio Emilia 的研究人员，已经制造出一种空心气体光纤激光器，其发射波长为 4.6μm，研究人员认为这是硅基 HCPCF 内部产生的最长波长。该激光器使用氮氧化物（N_2O）作为增益材料，用发射波长 1.517μm、脉宽 8ns、能量 40μJ 的光学参量振荡器（OPO）泵浦。

光纤的外径为 300μm，芯径为 85μm，具有一个 Kagome 晶格包层和一个负曲率芯轮廓，这有助于抑制光与玻璃之间的耦合。Kagome 晶格中支柱的厚度约为 490nm。实验装置的增益足以在不需要外腔的情况下产生激光。研究人员尝试了各种气体压力，发现在 80 Torr 左右的压力下，能获得 3% 的最大斜率效率。由于没有尝试通过修改激光几何结构来最大化激光输出，因此预期将来还可以实现更高的斜率效率。研究人员认为，他们的技术将允许硅基 HCPCF 激光器的输出波长扩展到超过 5μm。❑

紫外敏感的 TDI 成像器集 CCD 和 CMOS 技术的优点于一身

比利时纳米电子学和数字技术研究中心 IMEC，开发了一种紫外（UV）敏感的延时集成（TDI）成像器，该成像器基于互补金属氧化物半导体（CMOS）中的电荷耦合器件（CCD）技术（CCD-in-CMOS）。通过应用背光照明技术和特定的紫外线抗反射涂层，该成像器在 250~400nm 的近紫外区域，可以获得超过 70% 的峰值量子效率，这使得该传感器是半导体检测和其他对短于可见光的波长敏感的应用的理想选择。

CCD-in-CMOS 技术，将 CCD TDI 像素和 CMOS 读数结合在一种技术中，用于实现低噪声（10e-）、低功耗（<3W）、高灵敏度、高速度（线速高达 300kHz）的芯片级单线扫描成像器。IMEC 在其 130nm CMOS 成像平台内开发了一个单极 CCD 像素，包括背光照明后处理。该在 200nm 晶圆上制造的紫外传感器，制造步骤也与其他后处理晶圆级技术兼容，包括光谱滤波器集成，以实现多光谱 TDI 线扫描成像。这



一最新的成像器是对紫外线敏感的，也可以提供对可见波长敏感的图像传感器。□

II-VI

慕尼黑上海光博会
LASER PHOTONICS CHINA
上海新国际博览中心 2019年3月20-22日
欢迎光临我们的展位: **W3.3430**

光纤激光镜片



12KW 可调
光斑切割头



激光焊接头





光纤光缆

红外光学材料
- 硒化锌
- 硫化锌
- 硫化锌多光谱



CO_2激光镜片
- 聚焦镜
- 反射镜
- 扫描激光系统



贰陆红外激光(苏州)有限公司
II-VI Infrared Laser (Suzhou) Co., Ltd.

地址：江苏省苏州工业园区星汉街 5 号 1 幢 407 室 215021
电话：0512-6761 9295 传真：0512-6767 1207
网站：www.ii-vi.com 邮箱：infosz@ii-vi.com.cn

使用超快激光将玻璃和金属焊接在一起

来自英国赫瑞瓦特大学的科学家团队，使用超快激光系统将玻璃和金属焊接到了一起。这项应用可用于航空航天、国防、光学技术以及医疗保健制造业。

利用超快激光焊接方法，研究人员可以将各种光学材料（如石英、硼硅酸盐玻璃和蓝宝石）与金属（包括铝、钛和不锈钢）焊接在一起。这种方法在材料熔合过程中产生非常短的皮秒红外光脉冲。

“传统上，我们很难将玻璃和金属等不同材料焊接在一起，因为它们具有不同热性能——高温和高度不同的热膨胀，会导致玻璃破碎。”赫瑞瓦特大学激光创新制造中心主任兼教授 Duncan Hand 表示，“目前，涉及玻璃和金属的设备和产品，通常是采用粘合剂将它们粘合在一起，这一过程实施起来很困难，而且粘合的部件会逐渐移动。另外，由于粘合剂会不断释放出有机化学物质，这有可能会缩短产品的使用寿命。”

Duncan Hand 指出，将需要要焊接在一起的部件紧密接触，激光通过光学元件聚焦，在两种材料之间的界面处提供非常小且高强度的光斑。通过这种方式，研究团队在一个几微米的区域内实现了兆瓦级的峰值功率，从而在材料内部形成了一个微等离子体。该团队在 -50˚ ~ 90℃的温度下对焊缝进行了测试，结果表明焊接效果足够牢固，能够承受极端条件。

目前，Duncan Hand 及其团队正在与由英国牛津激光公司、Coherent Scotland、Leonardo 以及英国 Gooch & Housego 公司领导的一个财团合作，开发激光加工系统原型，以期该技术早日实现商用。❑

蓝箭航天成功突破激光焊接夹层喷管技术

近日，国内商业航天企业蓝箭航天宣布，公司自主研发的“天鹊”（TQ-12）80 吨液氧甲烷发动机喷管夹层激光焊接一次成功。研发工程师们成功突破了激光焊接夹层喷管工艺这一重大核心技术，一年多来的持续攻关终于获得满意的成果，首台 80 吨发动机喷管顺利下线。

激光焊接夹层喷管技术实现了大型喷管机器人全自动激光焊接，为国内首创，并已完成了发明技术专利申报。在此之前，国内尚无该技术的研究基础，国际上也无相关型号的成熟产品。此项新技术实现了大型喷管机器人全自动激光焊接，提高喷管产品质量，大幅降低制造成本，缩短制造周期，便于实现产品批量化制造，保障了“天鹊”（TQ-12）80 吨发动机快速量产，未来还可推广应用于其它型号。

激光焊接夹层喷管工艺，具有周期短、成本低的显著优势。“天鹊”（TQ-12）80 吨发动机喷管直径 1m 以上，焊接用时仅两天，随着后续工艺的进一步成熟，具有压缩至 10 小时以内的潜力，相比传统的喷管制造工艺，制造周期和成本仅为螺旋管束喷管的 1/10 左右。



在完成产品制造的同时，蓝箭航天还与国际一流激光装备制造集团一起，建成了该套机器人激光焊接设备。该套设备近期将完成交付，进驻蓝箭航天湖州智能制造工厂，为后续液氧甲烷发动机批量化生产提供有力保障。整套设备最大焊接功率 8kW，最大可焊深度 10mm，最大可焊直径接近 2m 的喷管，适应各类不锈钢、高温合金、铜合金、铝合金、铜 - 钢异种金属、高温合金 - 不锈钢异种金属焊接，满足未来二级发动机、上面级发动机大面积比喷管焊接需求，同时可以和其他航天企业、高校、科研院合作，为其他航天型号提供高品质、低成本、快响应的服务。❑



打标&编码



数字转换

欢迎参观Novanta的展位，展位号：W3.3610 及 W4.4422

我们提供至关重要的创新

Novanta致力于解决复杂的技术挑战。客户依靠我们的工程专业知识开发激光器、光束控制子系统、精密电机和编码器，以及面向广泛的光子学应用的机器视觉相机。我们的创新，能够帮助OEM客户提高生产力，实现突破性的性能，并改善人们的生活。因为这些都是至关重要的创新。

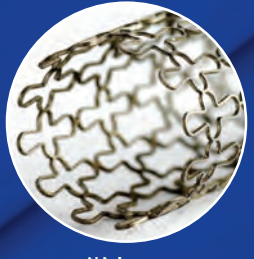
www.novanta.com



眼科治疗



机器人实施的外科手术



微加工



生命科学



增材制造

Cambridge Technology • Celera Motion • JADAK
Laser Quantum • Synrad

NOVANTA COMPANIES

Novanta

©2019 Novanta Inc. All rights reserved. 1.19

生物特征识别

第二波生物特征识别应用正在重塑 VCSEL 行业

虽然指纹识别技术仍然主导着生物识别市场，但是随着3D人脸识别和其他基于光子学的安全应用的发展，生物识别市场正在发生巨大的变化。

文/ Guillaume Girardin, Yole Développement
Sylvain Hallereau, System Plus Consulting

从1892 年美国联邦调查局（FBI）使用墨水技术建立罪犯指纹数据库开始，指纹识别就成为了第一种用于消费者的生物识别技术。2013 年，由于苹果公司在 iPhone 5S 中引入了 Touch ID 功能，促使指纹识别进入了大规模采用阶段。从那时起，指纹传感一直是消费领域最常用的生物识别技术，但这种状况可能不会持续太久了。

市场研究公司 Yole Developpement（Yole）估计，目前用于消费市场的指纹识别硬件解决方案产生的年收入为 27 亿美元，占据整个消费生物识别硬件市场总额（2018 年约为 48 亿美元）的 57%。

如同指纹识别一样，3D 人脸识别几乎满足了“完美”生物特征识别技术的所有要求：它强大、稳定、可重复，当用人工智能（AI）算法补偿时，时间几乎不变，在人群中具有“独特性”，很难出现欺骗行为，易于获得、易于使用，并且具有可以接受的非侵入性，即使依然存在一些问题。

第二波生物识别应用

Yole 在 2016 年年中精准地预测到，第二波生物特征识别技术自 2017 年底以来获得了巨大的发展动力，这归功于 2013 年让指纹传感技术走俏的同一家厂商——苹果公司，只不过这次搭载的产品是 iPhone X。由于 iPhone X 中集成了特定类型的 3D 传感模块，从而使 3D 人脸识别功能得以实现。该模块称为结构光 3D 传感（不同于立体和飞行时间探测法），这项技术来自苹果于 2013 年收购的 PrimeSense 公司。

随着 3D 人脸识别技术的引入，苹果公司也在消费市场上为 3D 传感制定了技术标准和用例标准。苹果公司利用结构光原理，设计了一个复杂的相机模块和垂直腔面发射激光器（VCSEL）组件，并结合来自 STMicroelectronics 公司的近红外（近红外）全局快门图像传感器，来执行安全的 3D 人脸识别功能。

因此，使用昂贵技术的第二波生物识别应用，有望在 2023 年将市场规模推向 150 亿美元。这也意味着，2018 年将是指纹传感主导生物识别技

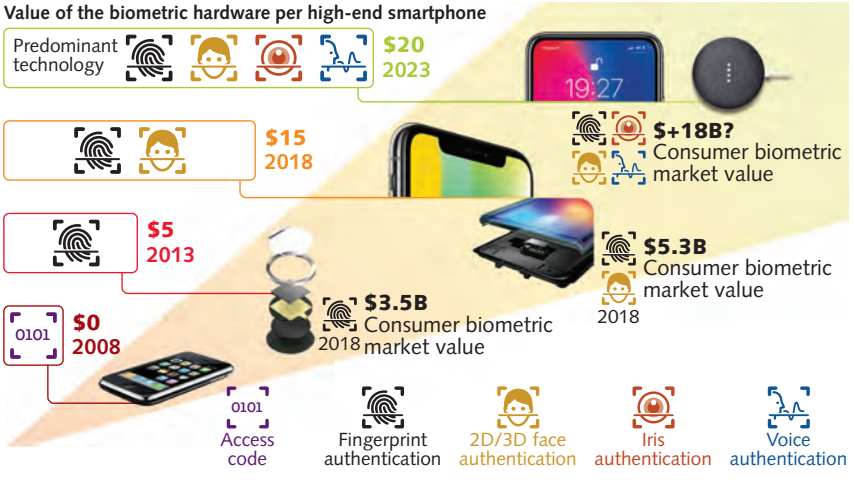


图1：稳步发展的生物识别硬件市场及其市场价值。

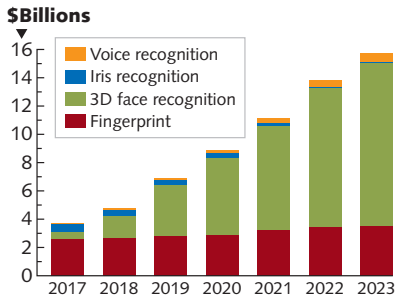


图2：3D人脸识别市场和其他生物识别市场的发展。

术的最后一年（见图 1）。

尽管智能手机行业出现了重大放缓，但是 Yole 仍然预测 3D 人脸识别技术能在智能手机中获得很高的渗透率。虽然智能手机制造商必须不断创新、并提供最佳功能，才能在激烈的市场竞争中抢占一席之地，但是中国的四大主流智能手机厂商（华为、Oppo、Vivo、小米）都采用了 3D 人脸识别技术，这将促使 3D 传感硬件市场从 2018 年的 15 亿美元增长到 2023 年的 115 亿美元（见图 2）。

3D 人脸识别技术是一种基于结构光探测的方法，需要各种关键的小型化组件，特别是 VCSEL 和衍射光学元件（DOE）。这些 DOE 用于将图案投影到场景上，然后将场景重建为 3D 地图。DOE 对来自 VCSEL 的相干光线进行衍射，以投射出一种特殊的图案。通过分析来自场景的图案变形，再利用算法和红外相机在三维空间重建场景。因此，VCSEL 是生物识别市场中的关键产品。

VCSEL市场的繁荣

自 1979 年以来，VCSEL 已经渗透到多个应用领域，并且改变了多个市场的规模（见图 3）。光数据通信是第一个开始集成 VCSEL 的工业应用。与边缘发射激光器（EEL）相比，VCSEL 的功耗更低，并且价格更具竞争力，因此在数据应用领域获得了蓬勃发展。自 2000 年以来，数据中心的发展一直在推动着 VCSEL 的销售增长。另外，VCSEL 也开辟出了一些新应用，如激光打印机和光学鼠标，但是这些市场的规模都不大。

2014 年，也即数据通信领域首次使用 VCSEL 技术近 20 年后，VCSEL 开始进军大规模消费智能手机市场。它们首先与用于接近感测和



Light changes matter.

世界正以光速发生变化，我们必须顺应世界发展才能不落人后。
光电子技术会让我们的未来变得更加美好。
Jenoptik 充分利用光的力量，为您提供有价值的解决方案。

我们利用自身数十载的丰富经验，开创了多种以光技术为基础的前沿解决方案，以此为改善人类生活贡献绵薄之力。
作为全球 OEM 供应商，我们提供功能强大的激光器、多种光学和光电子解决方案、创新的数字图像处理和传感器系统，助您成功应对任何挑战。

在慕尼黑上海光博会上，敬请莅临 W2 大厅的 2440 号 Jenoptik 展位，发现光的创新力量。

info@jenoptik.com.cn | www.jenoptik.com.cn

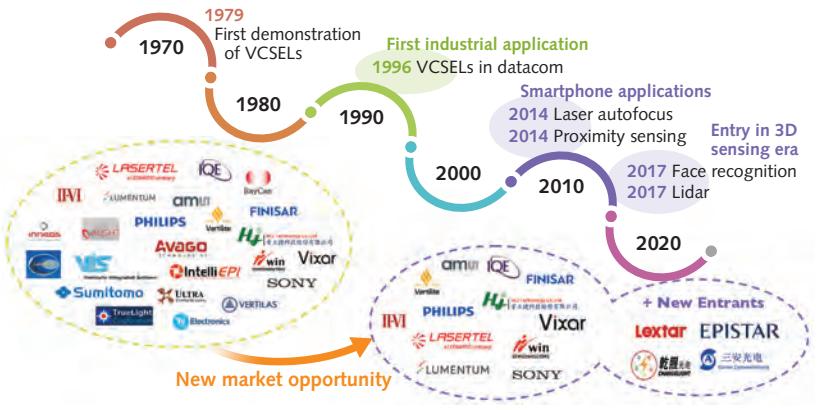


图3：VCSEL的市场规模随着新应用的出现不断扩大。

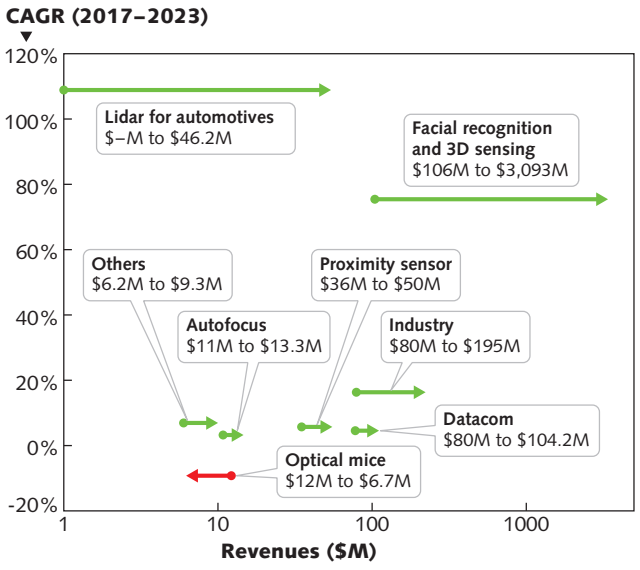


图4：2017年至2023年VCSEL应用的增长趋势。

自动对焦功能的传感器配合使用，并开始在 3D 传感应用中出现。苹果 2017 年发布的 iPhoneX，为接近传感器和人脸识别模块集成了三种不同的 VCSEL 芯片，单是这一款产品就引爆了 VCSEL 市场，使其实现了大约 3.3 亿美元的整体收入。

iPhone X 在 2017 年末和 2018 年初的出色销量，激发了其他智能手机品牌对基于 VCSEL 的 3D 传感功能的兴趣。在苹果旗舰产品发布不到一年之后，现在其竞争对手也开始跟随同样的趋势，开始在智能手机中整合 3D 传感技术。小米和 Oppo 的动作最快，分别在 2018 年第二季度发布了集成 3D 传感功能的 Mi 8 和 Find X。其他领先的智能手机制造商，如华为、Vivo 和三星，也有望在 2019 年将 VCSEL 集成到其旗舰机型中。

在这种情况下，自 2017 年开始的 VCSEL 需求的激增，将会在未来五年中持续，这将有望促使该市场增长 10 倍以上。在此期间，该技术还可能在汽车光探测和测距（激光雷达）或气体传感器等领域，找到一些新的增长驱动力。在未来的几年中，资本注入、新的进入者和并购等行为，将进一步推动 VCSEL 行业的发展（见图 4）。

逆向工程发现

由 Yole 团队开发的战略分析，得到了其合作伙伴 System Plus Consulting 的专业技术补充。多年来，System Plus Consulting 为半导体产品开发逆向工程和成本核算专业知识，该公司分析了超过八个带有 VCSEL 用于 3D 识别或飞行时间（TOF）传感的智能手机和系统。

根据应用、功能或光功率的不同，VCSEL 的表面积从用于 TOF 近距离感测的标称 0.02mm^2 到用于距离达 4m 的姿势识别感测的大于 4mm^2。对于智能手机应用，尤其是人脸识别应用，VCSEL 的表面积通常在 0.5~2mm^2 之间。

基于对这些智能手机系统的分析，System Plus Consulting 分析了市场上几种旗舰机型上的不同 VCSEL 的技术和制造商，为领先的原始设备制造商（OEM）提供了对技术选择的深入了解。

苹果是第一家在其旗舰产品 iPhone X 中集成结构光系统的公司，它选择了两种高端组件：第一种是点投影仪，它使用 ams/Heptagon 公司的复杂的晶圆级光学器件和光栅，再加上 Lumentum 公司的 VCSEL 阵列，该阵列具有 320 个随机分布的腔；第二种是一种定制的近红外传感器，

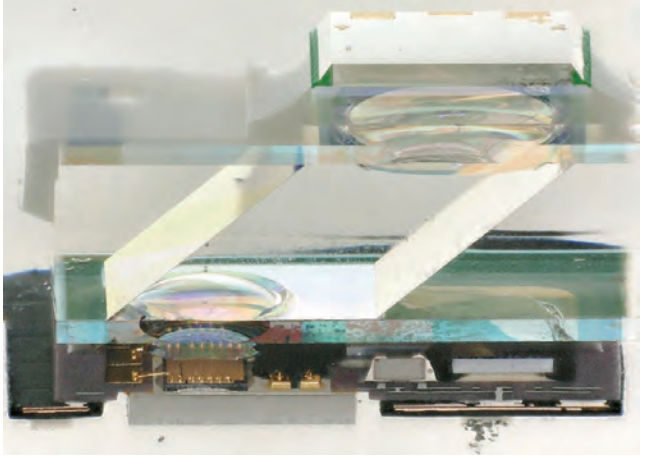


图5：Apple iPhone X中的Heptagon点投影仪。

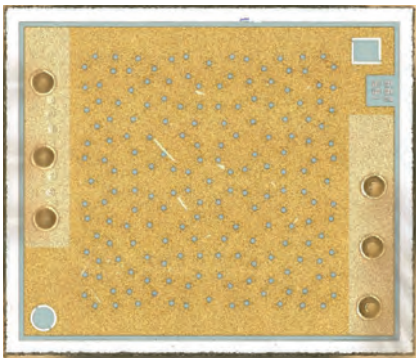


图6：Oppo Find X智能手机的点投影仪中的Lumentum VCSEL。

其采用绝缘体上硅（SOI）衬底。

小米为其Mi 8 Explorer机型做了一个更简单的选择，其将市售的近红外相机传感器与一个基于掩模的点投影仪结合在一起；该点投影仪使用一个带有阵列图案掩模的相机模块来处理VCSEL的发射光，VCSEL来自Princeton Optronics公司，表面积2mm^2，有超过950个腔。Princeton Optronics的VCSEL具有更复杂的分布式布拉格反射器（DBR），比Lumentum VCSEL DBR设计的层数多出20%，但是这两种VCSEL都使用横向氧化来制作腔体的孔径。

Oppo的Find X手机采用的是与小米类似的方法。虽然具有相同的相机模块配置，但是点投影仪略有不同，它使用的是透镜衍射而不是掩模图案（见图6）。实际上，每家OEM都选择了一种改变整个系统的组件：点图案模式、编码模式或数字算法。

为了实现人脸识别系统，所有的OEM厂商都选择不同的相机。像苹果这样的高端OEM，选择的是STMicroelectronics公司开发的近红外传感器。基于Soitec公司提供的SOI衬底，该传感器使用正面照明（FSI），在30mm^{2}的芯片面积上具有150万像素。小米、Oppo和华为等中国智能手机制造商选择的是OmniVision公司近红外传感器，采用的也是FSI照明，在20mm^{2}的芯片面积上具有107万像素。

为3D人脸识别模块开发的配置和方法，基于最先进的技术和组件的复杂组合。这导致了制造业和供应链面临挑战，这些挑战很难由原始设备制造商来管理，因此这也是竞争的一个关键方面。3D传感模块制造的低产量导致其成本较高，组件数量需求的不断增加，进一步推动了投资和并购行为。总之，创新和巨额资金仍然是在体量巨大的消费市场竞争的关键。❑



www.scanlab.de

SCANLAB
innovators for industry

激光清洗

激光清洗的应用案例

从制造工厂和医学实验室，到汽车、航空和钢铁制造业，激光正成为材料表面清洁的首选方法。

文/Alex Fraser

尽管激光在切割、钻孔和焊接领域的应用众所周知，但其在工业清洁领域的应用则相对较新，并且有着未经探索的广泛空间。

激光清洗应用，主要源于市场上需要一种无毒的非磨损性清洁方法，这种方法可以作为之前使用的化学清洗、手工清洗和磨料喷射清洗方法的替代方案。

激光清洁的优势

传统清洗方法存在的主要问题包括：对环境的负面影响和对基体的磨损。喷砂系统产生大量的废物，并且会损坏基体的精细表面；而使用化学溶剂清洗，会产生具有潜在危险的蒸汽和液体废物。

传统清洗方式的不足，促使了激光技术在表面清洁领域的应用。由于激光清洗具有诸多优点，现在已成为去除材料表面不想要物质的最有效方法。

目前，脉冲激光清洗和去涂层系统广泛应用于各种领域，从通过烧蚀去除轮胎模具和雕刻表面的硫化残留物，到从导线上剥离绝缘层，以及从精细表面去除涂层。

在表面清洁应用中使用激光的主要优势包括：



- 自动化清洁方法
- 减少废弃物数量
- 提高安全性
- 不需要化学药品或喷砂
- 非磨损和非接触清洁过程

激光清洗应用

（1）钢材制造中的表面抛光和除锈

激光清洗也是一种从金属材料表面去除铁锈和氧化层的有效和高效的方法。铁锈和氧化层是由于自然或人工过程，在金属表面形成的污染物。当金属暴露在湿气中时，它们与水反应形成氧化亚铁，从而生锈。这种铁锈会降低金属的质量，使其不适合在多种应用中使用。

另一方面，由于热处理过程，金属表面会形成氧化层，氧化层会使金属表面变色，从而妨碍后续的精加工操作。

去除这些不想要的表面沉积物，需要进行除垢处理，以便为预精加工和精加工（如电镀）提供光滑的表面。

传统的除锈和除垢方法有物理方法，如喷砂、抛光、刮削装置、额外吹扫和钢丝刷等；也有化学方法，如使用碱性或酸性化学制品来去除氧化层。然而，这些方法不但会造成环境污染，也会对基底金属造成损伤。

为了避免这些缺点，激光清洗已成为除锈和除垢操作的首选方法。通过在生锈层上照射具有高峰值功率和

全球领先的振镜 及控制解决方案



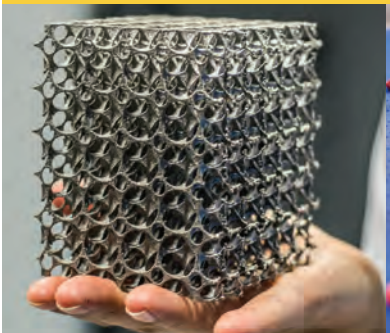
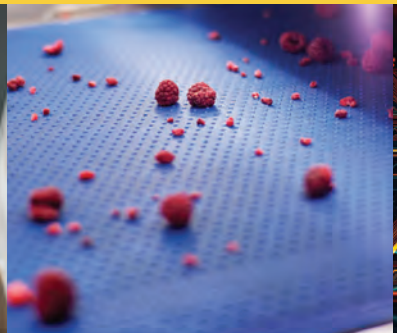
3D打印应用　　显示面板加工应用　　太阳能划线应用

PCB软板硬板加工应用　　新能源电池切割打孔应用

LASER World of PHOTONICS CHINA　展位号 W3.3610

CAMBRIDGE TECHNOLOGY
A Novanta Company

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



高重复频率的激光束，来去除铁锈层 / 氧化层。

激光必须以短脉冲发射，以避免对基底金属造成损坏。铁锈迅速吸收激光束的能量，导致温度升高。一旦温度足够高，铁锈就会融化并最终蒸发。

脉冲光纤激光器是首选，因为它能对功率、波长和脉冲持续时间提供更大的控制，从而允许铁锈层 / 氧化层蒸发，但却不会对基底材料造成任何损伤。

激光清洗工艺也可用于表面清洁。在对钢铁零件施加防腐蚀的保护涂层之前，必须对零件的表面进行清洁，使其表面上不存在任何污染物。

表面清洁 / 准备需要清除掉钢铁零件表面的所有污染物，以便为涂敷保护层做准备。这些污染物包括油、油脂、氧化层、水合物、车间底漆等。

由于光纤激光清洗采用非摩擦、非接触的方法，而不涉及溶剂、化学品或研磨介质，因此非常适合于表面清洁准备和除锈 / 除垢。清洗过程可以小规模或大规模进行，并且清洗过程可以实现自动化。激光清洗是一种环保、经济有效的除锈方法，能为零件表面涂敷保护涂层做好准备。

（2）清洗阳极组件

铝冶炼行业在初级铝生产中，使用碳块作为“牺牲”阳极。阳极的质量对铝生产的环境、经济性和技术方面都有影响。一小部分电池功率用于克服预焙阳极的电阻。

污垢和其他污染物的存在，会增加阳极的电阻，从而导致更多的电池功耗。污染物的存在还通过提高阳极在熔炼过程中的消耗率，来缩短其寿命。从效率的角度来看，在用于铝冶炼操作之前，有必要清洁和清除阳极组件表面上的所有污染物。

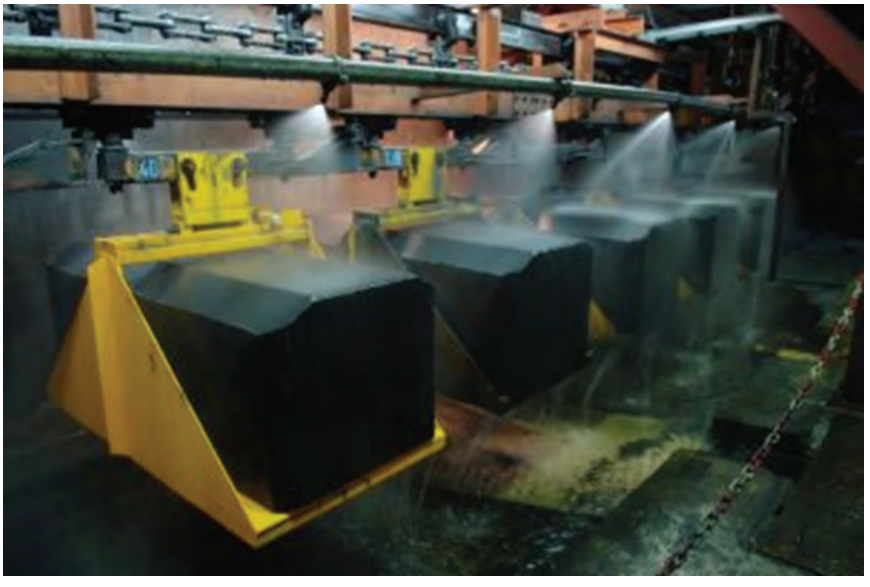
此外，阳极组件是有价值的工具，可以重复使用，但必须在特定条件下对其主要部件进行彻底和仔细的处理。

激光清洗可以满足阳极组件可重复使用的特定条件。激光清洗可用于：

- 清除碳底残渣
- 清洁阴极棒
- 清除套管和短杆上的污染物

（3）为金属粘合做准备

为了提高工艺稳定性、表面粘附力和更好的焊接质量，在应用焊接和其他连接技术之前，必须准备好待连接的金属材料的表面。



如果不对金属材料的表面进行必要的清洁处理，接合点和接缝就容易退化、加剧磨损甚至出现灾难性故障。激光清洗可用于在表面接合前对其进行处理，从而获得优异的粘合强度，提高耐腐蚀性和耐久性。

激光清洗适用于粘合准备，因为它可以去除能够降低粘合强度的氧化物和其他污染物，如油脂和氧化物。激光清洗尤其适用于涉及曲面的应用，或是清洗拥有高度复杂的三维几何形状的零件。

激光清洗的一个主要好处是能够微调其功率和波长，以便对用于微观结构的金属（如镁和铝）进行精确修正。它还赋予材料很高的耐腐蚀性，确保稳定、持久的粘合。

近年来，在结构设计应用中越来越多地使用粘合方式，而不是铆接和焊接等传统的连接技术。这是因为与传统技术相比，粘合方式具有诸多优点。

这些优点包括均匀的应力分布、腐蚀减少、结构减轻、振动衰减和隔音等。但是，只有在待粘合表面做好仔细清洁的情况下，才能实现这些好处。

激光清洗是此类应用的理想选择，因为它能小心地去除运输过程中产生的油污、铁锈、保护涂层和其他污染物，并且不会对基底材料造成损害。

（4）为钎焊和焊接做预处理

激光清洗在焊接和钎焊的预处理应用中，也被证明是有效的。在造船、精密工具制造、汽车和其他相关行业中，铝材和钢材进行焊接之前，必须先对其表面进行处理。

CARMAN HAAS

慕尼黑上海光博会
LASER World of PHOTONICS CHINA
欢迎莅临 W3-3466



超快激光加工光学元器件

激光精细微加工

应用在3C行业

特点：

· 高精度,装配误差小:< 0.05mm
· 高透过率:99.8%
· 高损伤阈值:10GW/cm²
· 最大幅面:175mm*175mm
· 大口径光斑设计,能兼容不同振镜配置
· 大口径定倍及变倍扩束镜,能兼容各种聚焦光斑尺寸
· 高透过率和高反射率光学元件,将极大限度地降低能量损耗

贝塞尔切割头

应用在玻璃、陶瓷、蓝宝石等脆性透明材料的切割、钻孔和挖槽

特点：

· 波前误差:λ/10
· 高损伤阈值:10GW/cm²
· 可切割玻璃厚度:0.1mm-3.0mm
· 贝塞尔切割头中心聚焦光斑:2um-5um
· 可定制贝塞尔切割头或者单元组件灵活搭配
· 切割区域热效应低,崩边小,表面质量达到波长量级

卡门哈斯激光科技(苏州)有限公司
CARMAN HAAS LASER TECHNOGY(SUZHOU)CO.,LTD.



激光焊接准备是激光清洗的众多应用之一，有助于去除金属和铝表面的黑色和有色金属、润滑剂和其他污染物，为高质量焊接做准备。它还确保了平滑和无孔的钎焊焊缝。

当用于焊接和钎焊的预处理时，激光清洗执行以下操作：

- 彻底清除车间底漆、水合物和氧化层
- 去除油脂、油污

除了焊接和钎焊准备外，激光还可用于清除焊接残余物，如残留的焊剂和氧化物材料，以及完成的焊接接头上的热污点。

在焊接和钎焊预处理中使用激光清洗的好处包括：

- 波长和功率可调，用于在各种材料厚度范围内精确处理接合面
- 对基底材料（即钢板的镀锌层）无损伤

（5）局部去除涂层

激光清洗在需要部分去除表面上的油漆或涂层的应用中，特别有效。它几乎可以用于所有的表面类型，无论是化学阳极氧化层、氧化层或有机涂层。激光清洗可在汽车和航空航天工业中，去除涂层和油漆，同时保持基底材料的完整性。

在去除涂层的应用中，光纤激光器是首选。它们通过精确地去除指定区域的涂层，克服了过去在局部去除涂层应用中所面临的一些固有挑战。激光可用于：

- 功能和设计表面的精确处理
- 为航空航天工业创造法拉第笼和连续性触点
- 为电磁兼容性局部去除油漆
- 为电线连接提供接合点
- 电子和汽车行业中的带状涂层

在喷漆结构 / 零件上的关键焊缝必须去除涂层、以便于检查的情况下，激光清洗非常有效。激光可以去除涂层，而无需手动或电动工具、研磨剂或化学物质，这些物质都会隐藏问题区域，并对表面造成进一步的损坏。

（6）选择性除漆

选择性除漆是激光清洗的众多应用之一。在汽车和航天工业中，有时需要在保护底漆的同时去除最上层的油漆。通常情况下，车辆上的顶部风化涂层需要在涂抹新油漆前彻底清除。

由于最上层油漆的物理和化学性质与底漆不同，因此激光的功率和频率可以设置为仅去除最上层的油漆。

由于激光对底漆没有机械、化学或热影响，因此底漆仍然保持完好。这就确保了底漆的耐腐蚀能力。当零件之间需要裸露出金属、实现金属与金属之间的电气接触时，最好采用激光清洗工艺，因为它既能节省时间和材料，又能提高成品的表面质量。

结论

使用激光进行抛光、表面清洁和去除涂层的应用，正在迅速拓展。根据应用的不同，激光的脉冲频率、能量和波长必须精确选择，以清洁、抛光和烧蚀目标材料。同时，必须要防止对基底材料造成任何形式的损害。

目前，激光清洗技术主要用于清洗小型零件。当然，这项技术也极有可能适用于清洁大面积表面和大型设备 / 结构。随着该领域目前取得的进展，这些愿景有望在不久的将来成为现实。❑

恩耐 12kW 光纤激光器生产出货

恩耐激光（nLIGHT）宣布其研制的 12kW 光纤激光器 CFL-12000 已进入生产出货阶段。据介绍，该激光器基于 nLIGHT 的下一代半导体激光器技术和先进的光纤激光器架构，是 nLIGHT 面向超高功率工业激光器市场的最新产品。

nLIGHT 工业激光器总经理 Jake Bell 表示：“激光器功率的增加，大大提高了车间的生产速度和运转效率，能帮助终端用户提高生产水平，提高盈利能力。客户对我们的大功率产品表现出了浓厚的兴趣，我们为此感到兴奋。”

随着这一最新产品的发布，nLIGHT 现已提供了一个完整的连续波光纤激光器产品线，输出功率范围覆盖 500W~12kW。nLIGHT 光纤激光器的主要优点包括：全球独一无二的抗高反射光保护技术，独特的硬件保护设计可无间断加工高反射金属；业界最高的调制频率与稳定的输出功率，可传递更大的工艺窗口和更高的生产效率。

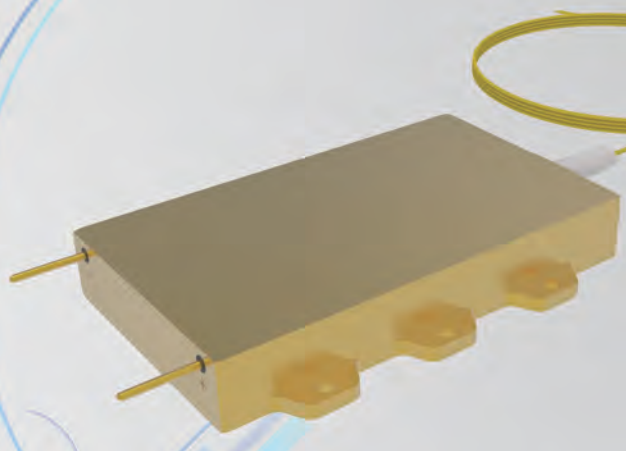
nLIGHT 是一家领先的高功率半导体和光纤激光器供应商，产品广泛应用于工业、微加工、航空航天和国防等领域。总部设在华盛顿州温哥华，在美国、中国和芬兰拥有 1000 多名员工。

EVERBRIGHT

心所往 · 光所至

工业用高功率光纤激光器理想泵浦源

——976nm光纤耦合半导体激光器



- 180W@135μm/280W@200μm光纤耦合输出
- 0.16实际数值孔径（95%能量）
- 976nm泵浦光纤激光器光光效率可达85%
- 节省有源光纤，有效抑制非线性效应，光纤激光器单瓦成本更低
- 自主高可靠性976nm芯片
- 18~31°C范围内光纤激光器性能稳定

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

扫一扫
关注长光华芯

2019年3月20-22日
上海新国际博览中心 W2 2620
上海市浦东新区龙阳路2345号

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

复合材料加工

面向多功能复合材料的激光加工方法

研究人员正在研究和开发用于复合材料的经济型连接、切割、烧蚀和钻孔的激光加工方法。

文/LFW

德国弗劳恩霍夫激光技术研究所（Fraunhofer ILT）的一个研究小组，正在研究和开发用于复合材料的经济型连接、切割、烧蚀和钻孔的激光加工方法，特别是将它们与现有工艺链相结合的情况。

Fraunhofer ILT 微连接小组组长 Alexander Olowinsky 解释说：“铣削、锯切或水射流切割以及材料连接时的粘合等加工过程，都可以用激光工艺代替，这会显著提高整个加工过程的效率和质量。”

塑料和金属各自具有特定的属性，如延展性、强度或导热性，所有这些特性都可以出现在混合组件中。然而，制造这种混合型化合物，首先需要准备好金属表面。例如，可以用 CW 激光器在金属表面产生微结构，或用超短脉冲（USP）激光器在金属表面产生微结构或纳米结构。

最轻的金属建筑材料——镁，具有特别高的导热性。Fraunhofer ILT 正在与亚琛工业大学塑料加工研究所（IKV）合作，开发在镁上实现微结构的激光加工工艺，从而在混合注塑成型工艺中，实现镁与各种热塑性塑料之间的稳定连接。

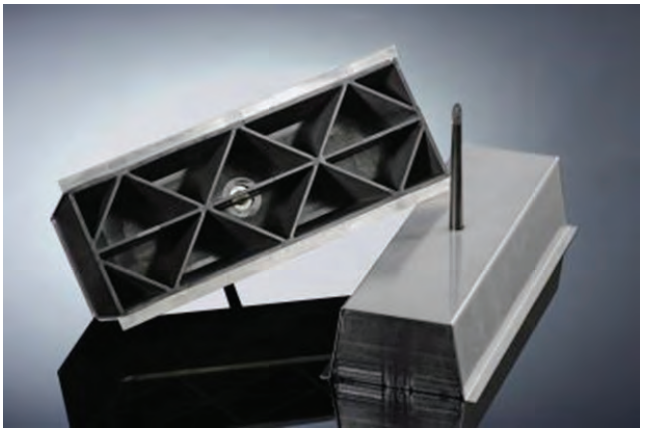


图1：由镁和短玻璃纤维增强塑料（PP-GF30）制成的微结构混合梁。

在加工过程中，用单模光纤激光器（1064nm）以每秒高达 1000mm^2 的速率，在镁表面上产生精确的咬边。这些咬边可以在随后的混合注塑工艺中用塑料填充。“对于短玻璃纤维增强塑料，我们开发了拉伸剪切强度达 22.4MPa 的混合连接，这些部件不仅质量非常轻，而且非常耐用。”Fraunhofer ILT 塑料加工团队负责人 Christoph Engelmann 解释说。此外，由于不需要粘合剂，老化过程也比传统的粘合方式要慢得多。

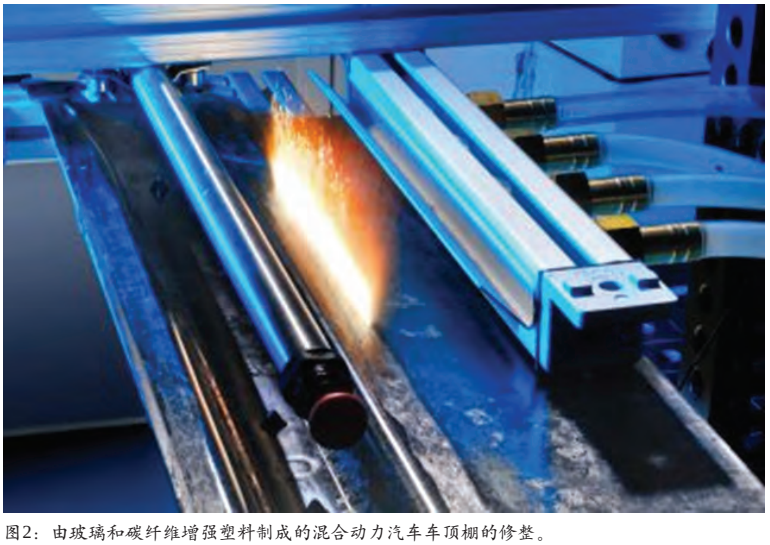


图2：由玻璃和碳纤维增强塑料制成的混合动力汽车车顶棚的修整。

原则上，这种激光加工方法适用于所有用于注塑成型的热塑性材料。它们为组件连接和集成功能提供了广泛的可能性，这些功能是后来制造的混合组件提供的，并且不能在纯金属结构中生产。

当用激光切割热塑性复合材料、特别是碳纤维增强塑料时，工艺设计通常旨在产生尽可能小的热影响区。同时，它应保持生产效率和



图3：USP激光束钻制带有星形孔的碳纤维预制件，图中还显示了一个金属插入件。

短加工时间：沿切割路径重复、快速扫描激光束，连续去除材料，并在材料上容易移动。“通过不断跟踪扫描场，我们能将此程序用于大型部件。”Fraunhofer ILT 宏观连接和切割项目经理 Frank Schneider 博士说。

激光功率、扫描速度和扫描之间的冷却时间，影响着热影响区和加工时间。科学家们正在优化这些参数，从而确定针对材料的最佳设置。

在轻量化领域，功能元件在碳纤维复合材料结构部件中的集成，通常是通过螺纹插入件来实现的，例如，汽车和飞机工业中的预成型部件。为此，将插入件以合适的方式放入机械钻孔部件中，然后进行粘合。接头的质量和强度，在很大程度上取决于钻孔层压板和连接头的精度。

当通过 USP 激光辐射对碳纤维材料进行钻孔时，会形成特别耐用的高质量化合物，随后将功能元件以合适的形式插入其中。激光扫描器还可以形成要求很高的钻孔轮廓，如星形孔，从而集成适应负载的插入件。在随后的注塑过程中，基质（matrix）充当碳纤维和插入物之间的粘合剂，从而消除了对额外粘合剂的需求。

得益于 USP 激光加工，预制件和加固的碳纤维增强塑料部件，都可以获得高质量的钻孔。“材料的蒸发可以防止层压板或纤维中的热损伤或材料损坏。”Fraunhofer ILT 激光钻孔和精密切割团队负责人 Stefan Janssen 解释说。加工时间通常从几秒到一分钟，高度自动化也支持此加工过程在碳纤维增强塑料部件的生产中有效使用。❑

FISBA Innovators in Photonics

用于二极管激光器
精密准直和整形的
微光学器件

欢迎访问我们在美国西部光电展 LASER World of PHOTONICS CHINA 的展台(编号4122)。

www.fisba.com

定制设计、原型开发和大批量生产，
确保产品能够快速上市。

过程控制

CLAMIR 精确控制先进的激光制造工艺

与可见光波段的CMOS相机相比，高速中红外相机和软件系统，可以更精确地实现熔池监测。

文/Arturo Baldasano Ramirez

工业 4.0 正在推动工业界采用新技术，在生产线中引入自动化以及专业和复杂的工具。与此同时，诸如“未来工厂”和“零缺陷”等其他概念，也在推动新的制造方法得以实施，包括全面监控的更快、更清洁、更高效和更可靠的流程，并在可能的情况下实现实时控制。作为这种工业转型和这些概念实施的一个例子，激光技术被用作传统工具的替代品，使得各种先进的制造工艺日益部署到更广泛的工业应用领域。

其中一项激光技术是直接能量沉积（DED）技术。在 DED 技术的不同应用中，有两种正在工业领域中普遍采用：激光金属沉积（LMD）和激光熔覆，这两种技术都主要用于增材制造、熔覆和修复应用。通常，这些工艺都需要非常长的制造时间，在此期间，初始条件在工艺运行时动态改变。这增加了将传感器和驱动器集成到生产设备中的需求，使生产设备能够监测和控制工艺的关键参数，并使它们能够动态适应制造过程中发生的各种变化。

监测熔池

最容易发生变化的工艺特征之一是熔池，或者是通过入射光子和物质之间的相互作用，将光功率突然转化为热量的区域。因此，非常有必要监测和控制影响熔池的参数，这些参数包括几何形状、热量分布、动力学和温度等。

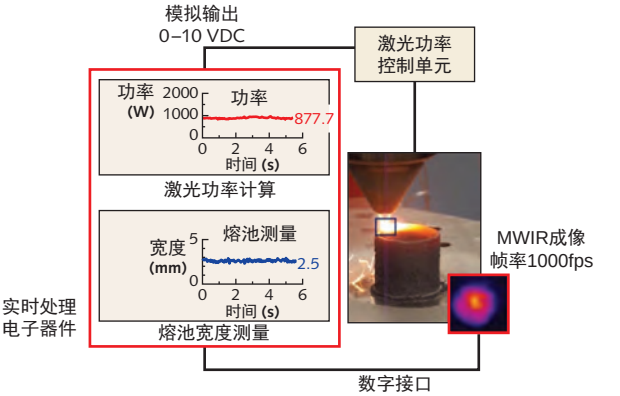


图1：使用红外光控制激光增材制造（CLAMIR）是一种工艺控制系统，它通过中波红外光（MWIR）而非近红外光和可见光实施监测。软件操作反馈，用于控制激光功率。

西班牙 New Infrared Technologies 公司开发并商用了一种“使用红外光控制激光增材制造（CLAMIR）”的解决方案。该解决方案能够持续监测熔池，并对激光功率进行闭环反馈控制，以在整个工艺过程中保持其性能恒定。CLAMIR 使用高速非制冷红外（IR）相机作为主传感器，与激光光学元件共轴耦合，使相机能够以 1kHz 的帧率获得熔池的红外图像。基于相机内部执行的图像的实时处理，该系统能够连续提取熔池的关键参数，例如温度梯度、几何形状、面积和宽度。CLAMIR 采用先进的算法进行分析和控制，实时控制入射激光的功率，目的是使沉积过程保持在用户定义的公差范围内（见图 1）。在现有光学系统中安装 CLAMIR 的能力，使其可以改装到现有设备中。

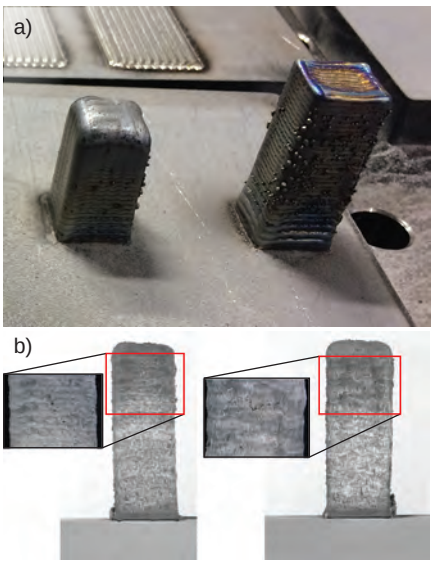


图2：在没有CLAMIR控制的情况下制造的LMD长方体（a），出现了不希望的工艺停止；利用CLAMIR控制制造的LMD长方体，顶部有清晰的边缘，并且没有裂缝（b）。

CLAMIR 是一款结构紧凑、坚固耐用的设备，符合工业领域的坚固性要求。该嵌入式系统由三个主要的子系统组成：1）传感器：在 1~5μm 范围内敏感的高速红外相机，能在室温下非制冷工作（这一点非常重要，因为不需要定期维护相机）；2）用于实

时图像处理的电子器件；3）用于工艺控制的电子器件。

MWIR的优势

与处于其他波段的视觉技术相比，如传统的高速可见（VIS）相机，使用中波红外（MWIR）相机可获得更卓越的性能。由西班牙 Spanish Center of Excellence 和德国 Fraunhofer ILT 研究中心进行的一项研究得出结论：高速 MWIR 相机能提供比传统高速 VIS-CMOS 相机更有价值的信息，用于监测激光焊接和 LMD 工艺。

MWIR 相机的主要优势在于，其在达到饱和之前，能够以高得多的对比度观察到更宽的温度梯度。[1] 这项工作中的性能分析表明，用户能从 MWIR 相机中提取出最重要的特征。

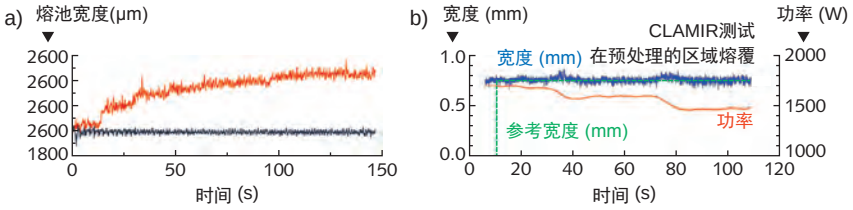


图3：在LMD工艺中，熔池宽度在没有CLAMIR控制（a）（橙色）和有CLAMIR控制（b）（深蓝色）的情况下的演变。在熔覆工艺中，CLAMIR可以防止衬底材料的损坏，并允许进入预处理区时的平滑过渡。在钢管上熔覆Inconel 718的过程中，CLAMIR控制激光功率（橙色线）。绿线显示参考宽度，蓝线显示工艺过程中测量的实际宽度。

在表现最佳的功能列表中，第一个代表性的 VIS 功能位于第 34 位，这让我们了解到了使用 MWIR 光谱波段监控激光焊接工艺的优势。

CLAMIR 包括软件工具，其可为选定的生产机器和工艺配置系统、记录工艺数据（包括 IR 图像），以及记录数据的可视化。

CLAMIR 已经设计用于使用多种工艺速度和材料，实时控制 LMD 和熔覆工艺，并可与市场上大多数已有的激光光学元件一起使用。CLAMIR 在激光光学元件中的机械集成，是通过将相机（通过 C 接口）耦合到现有光学端口来完成的，该光学端口需要能够传输波长超过 1.1μm 的工艺反射光，因为这是 IR 相机用于监测熔池的波长范围。大多数现有的激光光学

光学引领未来



新品
TECHSPEC®
DA 固定宽带扩束镜
• 可调谐激光器的宽带设计
• 透射波前误差为 λ/10
• 螺纹镜筒发散调整以补偿输入光束发散

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/039-8617

元件具有二向色镜，以将这种辐射带入光学端口用于观察目的，从而使得这种集成非常简单。

CLAMIR 允许连续控制激光功率，避免由于功率过大而使制造部件过热，降低缺陷部件的百分比，减少材料的数量和能量浪费，从而提高生产率。图 2 显示了在没有 (a) 和有 (b) CLAMIR 控制的情况下，制造的两个 LMD 长方体之间的差异。在左侧长方体的顶部可以看到熔化效应，由于不能继续正常地生长部件，导致机器不可预测的停止。另一方面，右侧的长方体在顶部显示出清晰且明确的边缘。此外，金相分析显示，用 CLAMIR 控制制造的长方体中没有裂缝。

目前，CLAMIR 是一种多功能工具，用于实时控制和监测工业中广泛应用的大多数现有的 LMD 和熔覆工艺（见图 3）。然而，经常出现需要使用新材料的新应用，并且出现了更复杂和更精细的新沉积工艺。不同的材料和结构，都需要改进的工艺条件。CLAMIR 概念被设想为一种适应性强的系统，能够适应新的制造方法，以可行的方式增加新的控制功能。❑

参考文献

1. J. Rodrí guez-Araú jo, A. Garcia-Diaz, V. Panadeiro, and C. Knaak, Imaging and Applied Optics 2017, ATh2A.2; https://doi. org/10.1364/aio.2017.ath2a.2.

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

亚洲光电盛宴引领智能光制造

——2019 年慕尼黑上海光博会 3 月开幕在即

2019 年慕尼黑上海光博会将于 2019 年 3 月 20-22 日在上海新国际博览中心 W1、W2、W3、W4、W5、OW 馆举行，展会规模、展商数均创新高，将为您呈现激光器与光电子、光学与光学制造、激光生产与加工技术、红外技术与应用产品、成像检测和质量控制、机器视觉六大专题。

部分知名企业加盟 按展区罗列：

激光器与光电子：

通快、相干、IPG、Cambridge Technology、MKS、杰普特、瑞镭、SCANLAB、AMPLITUDE、锐科、利泽莱恩、恩耐、凯普林、炬光、SPI、华日、镭宝、金橙子、业纳、贰陆、EKSPLA、SYNRAD、Convergent、富通尼、海富、罗根、安扬、英诺、长光华芯、光谷三江、英谷、LIMO、中科院长春光机所、中科院上海光机所、创鑫、Quantum 等

激光生产与加工技术：

通快、大族、华工、奔腾楚天、德龙、天田米亚基、泰德、中科四象、ABB、普雷茨特、宾采尔、小松、中科微精、伊欧科技、中科煜宸、韵腾、镭射沃、新代数控、Andritz Powerlase、大族粤铭、海目星、中科中美、嘉强、史陶比尔、联赢等

光学与光学制造：

尼康、奥林巴斯、柯尼卡美能达、康宁、布勒莱宝、滨松、贰陆、华科、福晶、西努、福特科、东骏、永新、海洋、舜宇、大恒、蓝菲、赛洛拉、PI、新科隆、卓立、光诚、艾罗德克、PCO、爱特蒙特、锡斌、QED Technologies 等

成像、检测和质量控制：

Mahr、三丰、瑞士丹青、惟德、海克斯康、First Sensor、卡尔蔡司、滨松、奥智品、雷尼绍、PI、爱万提斯、珀金埃尔默、全欧光学、海洋光学、如海、台超 Micro-Vu、基恩士、施泰力、小坂、Nanofocus、司逖、普雷茨特等

红外技术与应用产品：

中国科学院技术物理研究所、Sofradir、中国电子科技集团公司第十一研究所、洛阳光电、FLIR、高德、大立、奥夫特、Ulis，北方宏驰等

机器视觉：

Baumer、Sony、康耐视、基恩士、瑗荔德、Basler China、Teledyne DALSA、FLIR、凌云、大恒、海康、华国、华睿、得利捷、CBC GROUP、微视图像、安森美、CCS、LMI、Opto Engineering、施乃德等。

（* 展商排名不分先后，列举仅代表部分展商）

十大核心主题，百位重磅大咖，多场精彩论坛，开展深度国际化产学研交流与合作

展会同期还将举办如下十大研讨会，全面覆盖多个激光和光电子领域。

o 第十四届国际激光加工技术研讨会（LPC 2019）

o 第六届中国激光市场高峰论坛

o 第十四届全国激光技术与光电子学学术会议暨 2018 中国光学十大进展发布会

o 光学产业发展国际论坛

o 工业用激光器及系统使用安全培训班

o 光纤激光器及仿真软件培训班

• 中国（上海）国际机器视觉技术及工业应用研讨会

• 红外探测技术前沿论坛

• 激光雷达技术及应用前沿论坛

• 光学测试与检测前沿论坛

“光博”号，出发！

扫描二维码，即刻登陆“光博”号

有关详情，欢迎浏览展会官网：

www.world-of-photonics-china.com.cn

或关注慕尼黑上海光博会官方微信：

慕尼黑上海光博会

LIGHT CONVERSION

LASER World of PHOTONICS CHINA

展位
W2.2701





10 年 24/7 工业激光器运行经验

高功率高能量飞秒激光器

- **20 W** / **2 mJ**
- **190 fs** – 20 ps
- 单脉冲 – **1 MHz**
- 2 – 5 倍频

25 年飞秒激光应用经验
YEARS OF FEMTOSECOND SOLUTIONS

高功率二极管激光器

高功率二极管激光器专注于提升实用性

二极管在封装和实施方面的最新进展，正在改变高功率二极管激光器应用的实用性和经济性。

文/Heiko Riedelsberger

二极管激光器能提供无与伦比的电光效率、比任何其他工业激光技术更高的功率 / 尺寸比，以及固态稳定性和可靠性（见图 1）。

多年来，二极管激光器的开发工作主要集中在提高核心技术的性能：通过更明亮的输出，实现更高的功率和更长的使用寿命。然而，必须解决许多其他问题，才能成功开发新应用，同时提升现有应用的经济性。本文中，我们考察了三个不同实际应用领域的代表性进展，这些进展提升了二极管激光器的实用性，并探讨了它们是如何对实际应用产生积极影响的。

光束传输：新变焦光学元件，新应用

构建多千瓦级二极管激光器系统，需要组合多个巴条的输出，每个巴条具有多个单发射输出面。二极管激光器的发射面积实际上比许多其他类型的激光器要大得多，无论是光纤传输还是自由空间传输，到达工件上的功率都不能有效聚焦为微米级的点。出于这个原因，高功率二极管激光器的大多数应用，光束照射的区域通常都为毫米量级。即使在类似的应用中，该区域的大小和形状也存在很大差异。例如，图 2 显示了如何在两个正交方向上，使用线激光来支持送丝或粉末进料熔覆工艺。

一些应用需要改变照射区域的形状和 / 或尺寸（见图 3）。例如，对汽车附加部件的模具进行热处理（表面硬化）。也有一些需要灵活性的应用，要求产生可变的光斑形状，来满足不同加工任务之间的变化需求，从而使激光加工系统的生产率达到最大化。在家具和橱柜行业中，激光加工应用正在快速增长，例如激光封边和模具的激光热处理。

即使是高档品牌的家具也经常使用层压板和贴面板，以最大限度地降低成本、提高强度并简化生产。每次切割面板时，必须使用匹配材料的胶带，来仔细地将边缘密封起来。传统上，这一步是使用热粘合剂来完成的；但现在，许多制造商正在转向激光封边。将封边胶带的一面加热至熔化，然后通过机械方式压制在基板上，这样就会产生强健的直接结合而不需要粘合。事实证明，与粘合相比，这种方法



图1：通过改进的光束传输元件、紧凑的机架安装配置和简化的冷却，工业级高功率二极管激光器系统正在变得越来越强大。

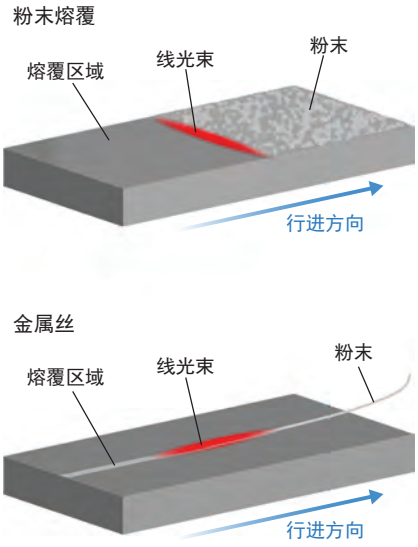


图2：在熔覆应用中，基于粉末或送丝的激光熔覆方法不同，线光束的不同取向。

可以产生更紧密的边缘，从而消除了后处理的需求，例如用溶剂去除多余的胶水。在这类应用中，需要使用不同形状和尺寸的光斑，来处理不同的胶带宽度以及一系列塑料材料。

多千瓦级二极管激光器的另一项不断增长的应用是用于汽车工业中的激光软化。这种应用主要是制备用于车身的高强度钢板的边缘，并且作为应力释放的一种形式。在没有预软化的情况下，面板之间的接缝将在随后的接合过程中破裂的几率很高。

电动变焦光学系统可满足激光光斑调节的需要。它们使用专门设计的光学元件，使 x 轴和 y 轴可以实时独立变化。重量是这里需要考虑的一个重要因素，玻璃镜头、机械安装座和驱动电机，都会增加这种变焦光束传输模块的重量。需要最小尺寸（和重量）的镜头来提供各种变焦功能。相干公司的最新变焦模块，采用了一种新颖的光学设计，专门设计用于最大限度地减轻镜头的重量。该模块采用的是低成本硬合金，模块的总体重量仅为 9kg，可以提供从 4mm × 4mm 到 45mm × 45mm 矩形或正方形的聚焦区域。

紧凑型系统：机架安装

尺寸和重量在制造环境中也非常重要，因为成本往往会随着体积的增大而增加，在半导体晶圆制造和电子封装中尤其如此，这些封装在洁净室或其他严格控制的环境条件下进行。高度自动化、高吞吐量的制造环境（例如汽车行业中）也是一个需要考虑的问题，传感器、视觉系统、机器人、激光器和其他技术的结合使用，使得空间变得非常宝贵。

传统上，许多这些应用所需要的多千瓦级二极管激光器，都是笨重的落地式单元。现在，激光器制造商已经通过紧凑的系统，来满足市场对于节省空间的日趋显著的需求，这些系统充分利用了二极管激光器固有的微型化。例如，相干公司最近发布了一套系统（HighLight DL4000HPR），其采用 19 寸机架式封装，输出功率高达 4kW。这是一套独立的系统，电源、控制电子元件和二极管都安装在紧凑的单一外壳中。

简化冷却要求：消除去离子水

就市场增长而言，具有潜在巨大影响的发展之一是消除了对去离子（DI）冷却水的需求。



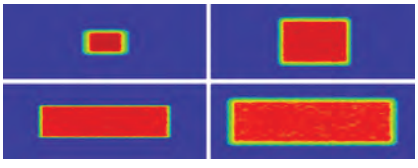


图3：该变焦模块可以独立调节x轴和y轴，并且不会改变光束的均匀性；在x轴和y轴上具有连续可调的光斑尺寸，从4mm × 4mm到35mm × 35mm。

二极管激光器的标称使用寿命通常达数万小时，但是冷却技术的寿命有时可能比激光器本身的寿命更短。根据半导体类型和结结构的不同，二极管激光器的电效率通常在 45%-70% 的范围内。即使具有这样高的转换效率，对于 10kW 的输出功率，也必须要求系统能够耗散掉到高达 12kW 的热量。如果无法有效地耗散掉这些热量，则升高的温度可以在短期内改变输出光束的光学性质，长期而言也会缩短激光器的使用寿命。

一种常用的方法是采用微通道冷却，水流过焊接到二极管激光器巴条上的铜热沉中的微小通道。为了使电流泄漏和电化学腐蚀最小化，通常使用具有低电导率的去离子水。去离子水或去离子水滤芯的使用，无疑会增加系统的运行成本，并且对于一些偏远或基础设施条件薄弱的地域，使用去离子水也是一项很大的挑战。

为了解决这个问题，激光器制造商已经开发出了基于传导冷却的冷却方案，消除了直接在巴条和电流触点处使用去离子水的需求。较新的系统（例如相干公司的 HighLight DL4000HPR）可以使用过滤后的普通自来水冷却，从而降低运行成本，并简化应用。❑

二极管激光器

研究工作为高功率二极管激光器提供新能力

德国柏林Adlershof开展的研发工作，已经改进了高功率二极管激光器的设计，使高功率二极管激光器在效率、峰值功率、亮度和发射光谱范围方面都获得了提升。

文/Paul Crump，Andreas Thoss

工业领域和学术界的许多主要激光应用，都需要越来越好的二极管激光器性能。日益复杂的器件物理学研究，正在指导着外延层设计和器件技术的发展，由此获得的性能得以提升的二极管激光器，正提供当下和未来几年迫切需要的更高的效率、更高的亮度和更高的输出功率。

二极管激光器（见图 1）已经成为工业激光技术的幕后英雄。它们完成泵浦光纤激光器和碟片激光器的艰巨任务，而这两大类激光器已经征服了数十亿欧元（以及数十亿美元）的切割和焊接市场；很快，二极管激光器将挑战一些直接应用，如直接使用二极管激光器来构建切割和焊接系统。在学术领域，预计具有高重复频率的新型超短脉冲高能激光器，将为粒子加速打开新的视野。这些激光器也将采用二极管泵浦。

所有这些以及更多的进展，都需要更好的二极管激光器，即在性能不断提升的同时，还要降低每瓦成本。虽然这听起来非常具有挑战性，但是随之高功率二极管激光器的市场快速发展，并且在迅速多样化，这些都在促进世界范围内对高功率二极管的研发投入。

在众多的高功率二极管研发项目中，柏林费 Adlershof 产业园的项目备受关注，其中费迪南·布劳恩研究所、莱布尼茨高频率技术研究所（FBH）以及其他学术机构都位于同一园区。除了几家从 FBH 剥离出来的公司外，像通快集团、Jenoptik、II-VI 和康宁这样的大公司，都在此处设有子公司，彼此相距都在步行可达的范围之内，在这里，他们共同投身于高功率二极管激光器的未来发展。

如何改进二极管激光技术

众所周知，二极管激光器是世界上最高效的光源，其墙插效率可超过 65%，100μm 孔径的发射功率可达 12~15W。高功率激光二极管通常使用金属有机气相外延（MOVPE）工艺在砷化镓（GaAs）晶圆上生长，其典型发射波长在 700~1100nm 之间。

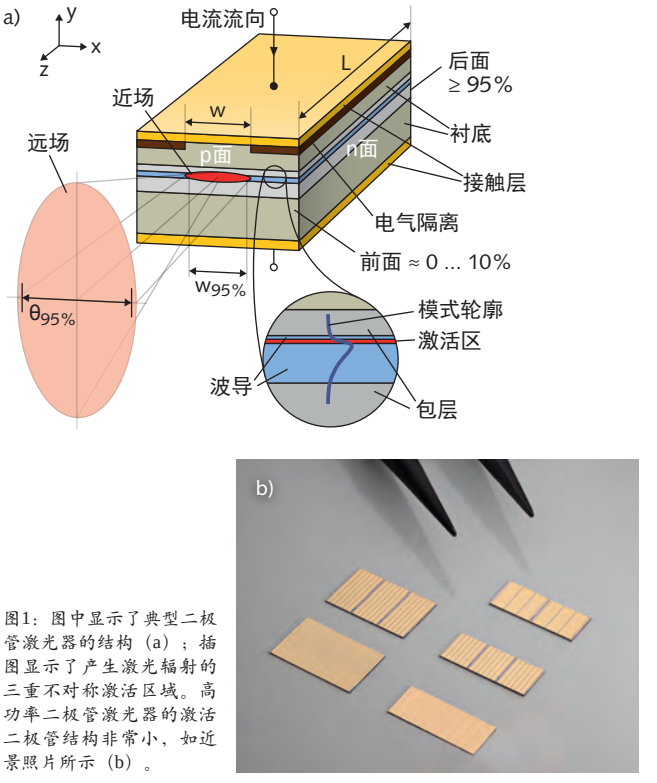


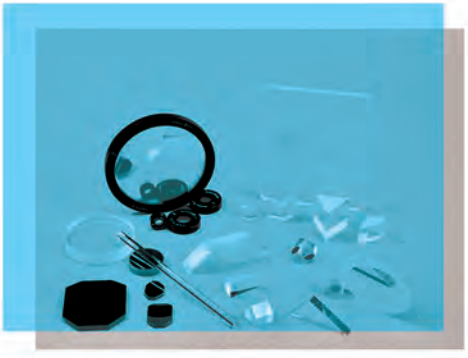
图1：图中显示了典型二极管激光器的结构（a）；插图显示了产生激光辐射的三重不对称激活区域。高功率二极管激光器的激活二极管结构非常小，如近景照片所示（b）。

虽然二极管激光器的出现可以追溯到 20 世纪 60 年代早期，但是二极管激光器参数仍在迅速提高，特别是效率、峰值功率、亮度和发射光谱范围。

FBH 的研究团队在推动这一领域的进步方面发挥着关键作用。他们在器件物理学和材料技术方面的研究，有助于澄清和解决性能限制，基于此信息的设计开发可以最大限度地提升重要商用设备的性能。例如，在工业碟片激光器或光纤激光器系统中，更好的泵浦能实现更高的性能。FBH 的技术还有望创建新型设备和模块，并实现新的应用。



◀声光器件



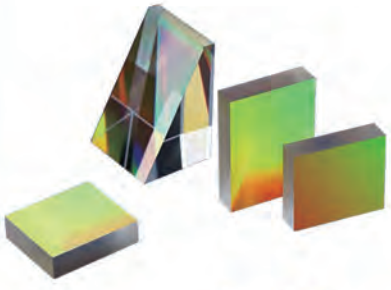
高功率光学元件 ▶

LBO晶体 ▶





▲高功率隔离器



▲ 光栅

CASTECH®

福晶科技

CRYSTALS / PRECISION OPTICS / LASER COMPONENTS

Visit us at
慕尼黑上海光博会
LASER PHOTONICS CHINA
Booth : W4 #4542
March 20-22, 2019
上海新国际博览中心

Visit us at
LASER PHOTONICS
Booth : B2.354
June 24-27, 2019
MESSE MÜNCHEN

扫描二维码
了解更多信息
+86-591-83710533

这些发明受到广泛的专利保护。一些性能记录包括具有 1.5~2kW 输出功率的首个 1cm 二极管激光器巴条，以及在 1kW 下具有超过 60%转换效率的巴条。FBH 的工作成果会定期在许多会议上公布。

三重不对称层设计

在最好的现代高功率二极管激光器中，峰值功率和效率受基本损耗机制的限制。因此，深入理解二极管内和器件技术背后的物理学知识，是进一步改进高功率二极管激光器性能的先决条件。

例如，基于多年来对限制器件的功率和效率的研究结果，FBH 团队最近提出了“三重不对称外延层设计”的概念。这种设计能精确地操纵光场，并带来更高的效率和更高的输出功率。[1] 第一重不对称是在二极管结构的半导体材料内：p 层做得尽可能薄，这会降低电阻和光学损耗。这与二极管内部包层和波导的设计中的第二重不对称相结合。包层 / 导引不对称，有助于将不需要的光学模式耦合到衬底中，防止它们产生激光。最后，在量子阱任一侧上的层的折射率梯度中，引入第三重不对称，以此实现光场的精细调谐。

光场向量子阱移动增加光学增益，而不需要调整 p 面，p 面可以保持很薄以实现低损耗。这是首次允许同时实现低电阻、低光学损耗、低功率饱和以及低阈值电流。采用这种结构，连续波（CW）输出（940nm，25℃）获得了 10W 功率，效率高达 66%（峰值效率达 69%），是对称设计的 1.05 倍（见图 2）。

横向结构也会对效率产生一定的限制，因为即使在大面积激光器中，电条的任一侧都会损失大量电流。一种新颖的电流阻断技术消除了这种电流损失，其使用两步原位刻蚀的 MOVPE 工艺制造。相应的埋入式台面激光器原型（buried mesa lasers）的效率提高了 5%（见图 2）。结合三重不对称设计和横向电流阻断技术，将有望进一步提高效率。

有效的千瓦级激光巴条

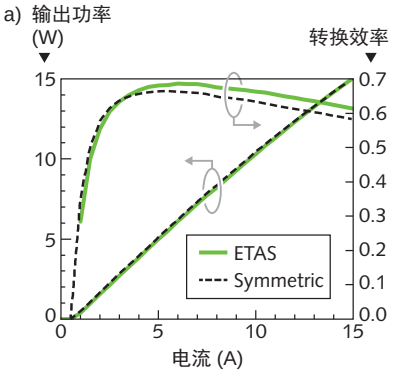
这些复杂的外延设计在使用高质量、低缺陷器件技术制造成二极管激光器时，可以在应用中获得更高的性能。例如，1cm 激光巴条已经在工业领域获得了广泛的应用，无论是直接应用，还是作为泵浦源；其功率的增加，直接降低了每瓦成本，缩减了系统尺寸，同时提升了性能（通过更高亮度的泵浦）。FBH 的研究已经解决了这一挑战：用于固态脉冲激光系统泵浦的准连续二极管激光巴条的峰值功率，在过去的十年间增加了 2-4 倍（见图 3）。

同时，巴条的效率从大约 35%增加到 63%。目前，通快和 FBH 正在紧密合作，在 298K 的最高工作温度下，展示了 CW 模式下的千瓦级输出，并且还在继续提高效率和光束质量。

整体式波长稳定的二极管激光器

对于诸如固体激光器泵浦和传感等应用，需要二极管激光器具有较窄且稳定的光谱。从生产成本的角度来看，整体式集成光栅是用于窄化光谱的特别有吸引力的技术，这种方法消除了外部反馈，从而带来更长的寿命。因此，FBH 的科学家们多年来一直在深入研究整体式光栅稳定的设计与技术，以便使这一关键技术为市场应用做好准备。

同样，在过去的十年中，单管的功率已经增加了大约十倍，效率大约翻了一番。FBH 已经开发出了几种能够显著降低光栅光学损耗的不同方法，并且已经获得了专利。例如，已经开发出具有均匀整体式集成光栅的大面积激光器（BA-DFB），其中反馈



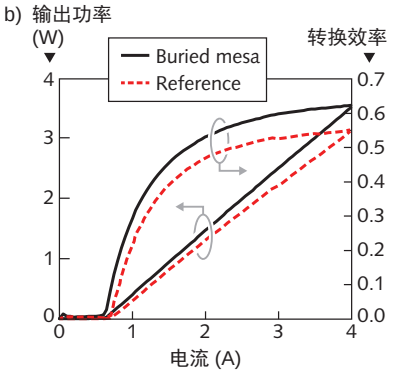


图2：与常规对称设计相比，大面积二极管激光器的极端三重不对称（ETAS）设计，显示出>60%的卓越效率（绿色）（a）；用于GaAs-AlGaAs激光器的埋入式台面生长技术（b）降低了电流损耗，并实现了更高的效率（CW，25℃，L=4mm，W=100μm）。

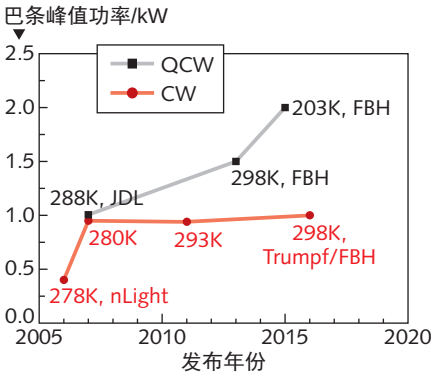


图3：1cm二极管激光巴条的峰值光功率在连续（红色）和准连续（黑色）工作模式下迅速增加；图中给出了工作温度、波长和供应商。

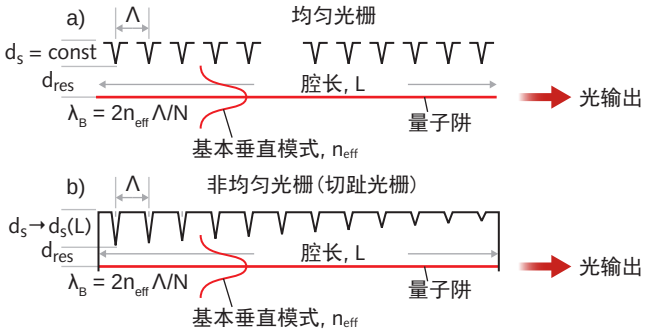


图4：与具有均匀光栅的二极管（a）相比，使用表面刻蚀切趾光栅（b）的二极管，在相同的光栅深度下，具有更高的制造产量和效率。

由新型切趾表面蚀刻光栅提供（见图4）。在这些器件中，光栅强度沿谐振器变化，因此能显著提高制造产量和性能（见图5）。相应的原型二极管激光器已经无故障运行超过 10,000 小时，因此有望在未来几年内推动应用的发展。

超亮光束组束

工业系统将许多二极管激光器的发射光束，组合成单一光束，以达到切割金属（如钢）所需要的光束强度。目前的系统使用光纤激光器或碟片激光器来收集二极管激光器的能量。当然，直接二极管激光系统也颇有潜力成为这些已有解决方案的高效、紧凑和可靠的竞争对手。因此，关于直接二极管激光系统应用的研究，正在紧锣密鼓地进行中。

增加直接二极管光源的光学强度的一项重要技术是波长光束组束（WBC），其将来自多个二极管激光器的光组合到一起（例如使用外部光栅），形成单一光束。通过这种方式，可以获得非常高的合束功率，但代价是展宽光谱。FBH 专门为此应用开发了高效的超强二极管激光器阵列，包括单模激光器的高功率阵列，以及波长光束组束（与通快合作开发）。

如果将光栅放入二极管激光器内部，系统可能会更加简单和紧凑。欧盟资助的 BRIDLE 项目（德国 DILAS 和弗劳恩霍夫激光技术研究所合作）详细研究了这一概念。对一组（五个）具有整体式集成光栅的定制二极管激光器进行光束合束，并耦合到芯径为 35μm、数值孔径（NA）为 0.2 的低模光纤中，光纤输出的总功率为 26W，单偏振，强度是芯径 105μm 光纤输出的商用非偏振模块强度的两倍。

更先进的方法是相干组束（CBC）。这里，分布式反馈（DFB）种子激光器的输出被分成几路光束，它们的功率通过并联半导体放大器提升。仔细调节放大器电流，可以完美地保持它们的输出相位，这样放大器阵列就像单个激光器，具有衍射极限光束和窄光谱。FBH 正在研究如何最好地实现这样的系统（与法国 Laboratoire Charles Fabry 和丹麦技术大学合作），最近的研究表明，CBC 不仅增加了功率，而且还提升了光束质量，能够产生超过 2W 的频率转换绿光，这是目前报道的直接二极管光源输出的最高功率水平。

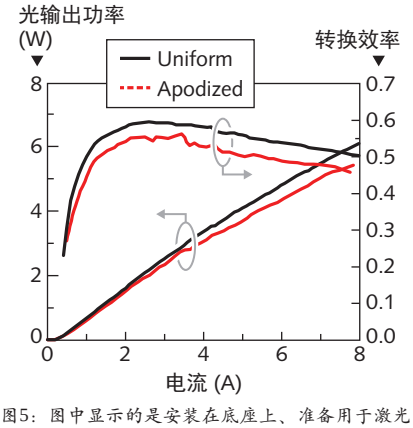


图5：图中显示的是安装在底座上、准备用于激光系统的整体式光栅稳定的二极管激光器的光学功率和效率，显示了切趾光栅的优越性能。

世界上首款焦耳级中红外激光光源

高功率二极管激光器的进步，也开辟了固态激光器的新应用。2018 年 8 月，来自德国柏林和耶拿地区的合作伙伴，联合参加了由 Berlin-Brandenburg Competence Network for Optical Technologies（OpTecBB） 组织的 BMBF（德国教育和研究部）项目。在 150 万欧元的资金支持下，该团队将开发出世界上首款高能级中红外激光器（HECMIR），其目标是在 1.9μm 波长处实现超过 1J 的脉冲能量。这些脉冲能量通过高强度、长脉冲二极管激光泵浦源实现，该光源将由 FBH 为 HECMIR 开发和实现，以开拓新型二极管激光器设计和创新的高占空比堆叠阵列技术。

HECMIR 的短脉冲 MIR 光源，能够实现桌面装置的粒子（例如质子）束，提供现在需要篮球场大小的加速器才能达到能量级。这些粒子束将是肿瘤切除治疗的一种理想的非侵入性方法。预计 MIR 源也将在未来的超高能脉冲研究用激光器中发挥关键作用。新一代超短脉冲高能激光器正在全球范围内安装，并且需要更高的性能。只有先进的二极管泵浦（位于传统波段和 MIR 波段）才能实现这一目标，正如 EuPRAXIA 联盟目前正在研究的那样。[2] ❑

参考文献

1. P. Crump, “Lasers: excelling with extreme asymmetry,” Compound Semiconductor, 24, 6 (Sep. 2018).
2. See www.eupraxia-project.eu.

驱动电路

半导体激光二极管 APC 驱动电路解析

文 / 沈宇峰，于凯，严圣杰；无锡斯博睿科技有限公司

小功率半导体激光二极管的应用越来越广泛。然而，用户在使用该产品时，由于对这类产品的了解不够深入，因此在使用过程中难免会遇到种种问题。其中最为常见的问题是，很多用户不明白激光二极管的驱动电路是如何工作的，从而大大影响了使用的顺畅性。本文针对目前市场上最常用的激光二极管恒功率驱动电路（APC）给出了定性解析。

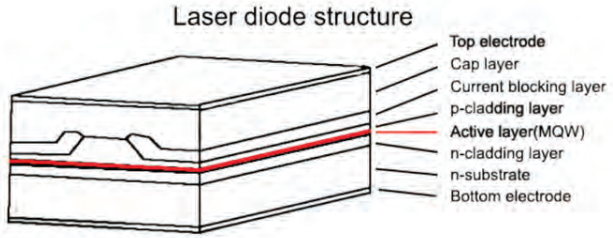


图1：半导体激光二极管（LD）的基本结构。

图 1 给出了半导体激光二极管（LD）的基本结构。垂直于 PN 结面的一对平行平面，构成法布里 - 珀罗谐振腔，它们可以是半导体晶体的解理面，也可以是经过抛光的平面。其余两个侧面则相对粗糙，用以消除主方向外其他方向的激光作用。

工作原理：激励方式，利用半导体物质（即电子）在能带间跃迁发光，用半导体晶体的解理面形成两个平行反射镜面作为反射镜，组成谐振腔，使光振荡、反馈、产生光的辐射放大，最终输出激光。

由此可见，激光二极管是由于受激辐射才能发出波长单一的激光，与此同时也会产生热量；随着 LD 通电开始正常发光，LD 本身的温度也会随之增加。由于 LD 本身的材料特性，当温度升高时半导体激光二极管的发光效率会随之下降，这样会导致激光二级管的光功率下降，如果不对此进行控制，产品工作就不稳定。

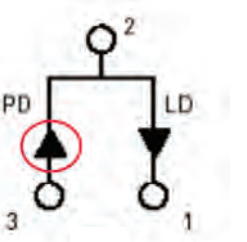


图2

为了让激光二极管稳定工作在某个理想的功率范围，通常在半导体激光二极管内部增加光敏二极管（PD），通过监测 PD 的工作电流 Im 来了解 LD 的工作情况（见图 2）。

实际应用 LD 的时候，通常使用一个恒功率控制电路（APC）让激光管内部的 PD 能够对 LD 的工作起负反馈作用。图 3 是在应用 LD 的时候，一个消费电子类产品常用的恒功率驱动参考电路（APC）。此电路的参数以 QSI 品牌的 650nm ／ 10mW LD 为例。

（1）调节电阻 Rv 引起的功率变化

① Rv ↑ → IRv ↑ → Ib（Q1） ↑ → IC（Q1）[Ib（Q2）] ↑ → Ic（Q2）[ILD] ↑ → PLD ↑

② Rv ↑ → IRv ↓ → Ib（Q1） ↓ → IC（Q1）[Ib（Q2）] ↓ → Ic（Q2）[ILD] ↓ → PLD ↓

通过以上调节，可以将 LD 调整到设计的功率输出。

下转第44页

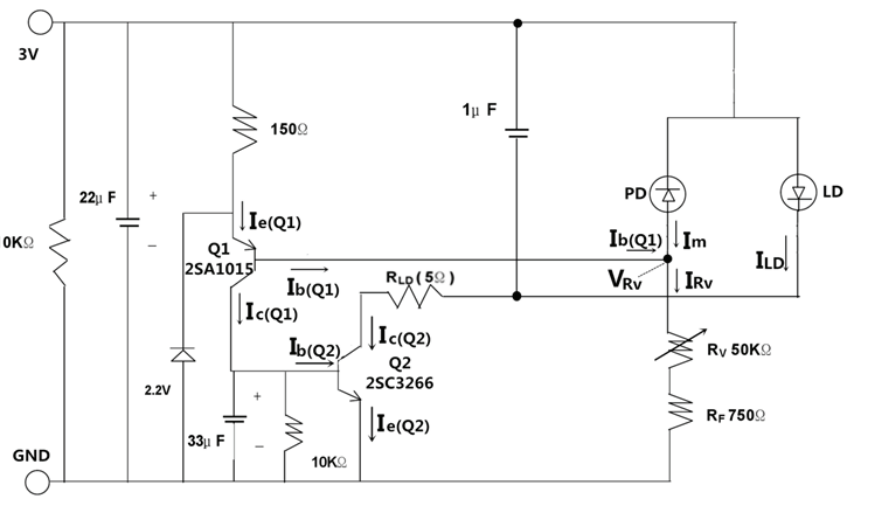


图3：常用的恒功率驱动参考电路（APC）。

AMM 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

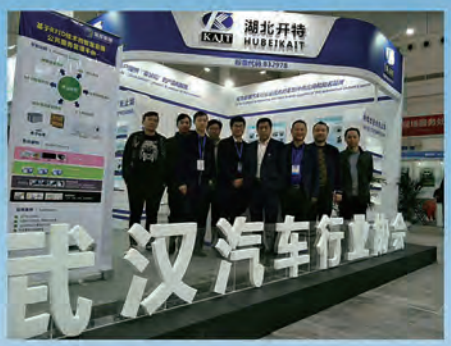
武汉市汽车行业协会

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



雷达系统

汽车激光雷达与光子学产业密切相关

文/John Wallace，LFW高级编辑

自动驾驶汽车的火爆，带动了激光雷达市场的迅猛发展，而激光雷达地发展也为光子学行业带来了利好。

自驾驶的汽车是一个复杂的事物，它结合了基于光的传感器和 / 或其他传感器、GPS、其他专用硬件和复杂的软件，使车辆能够很好地“观察周围环境和附近的行人”，从而实现安全行驶。相同形式的传感功能也可用于不完全自主车辆中的自动刹车和车辆避让。

汽车激光雷达只是传感器的一种形式（雷达和智能视觉是另外两种），可以映射自动驾驶汽车的周围环境。众多激光雷达创业公司的涌现，以及针对该领域的数十亿美元的研发和投资资本，汽车激光雷达的发展，也是自动驾驶汽车技术正在如何快速发展的一个显著标志。

汽车激光雷达有多种技术实现方法，包括各种类型的扫描、相控阵和基于脉冲相机的闪光。本文不再针对这些方法做详细介绍，我们将重点介绍汽车激光雷达行业和光子学行业之间的密切相关程度。

信号的产生和探测

涉足汽车激光雷达的光子学公司，可以生产完整的激光雷达系统、特定类型的激光雷达组件，或是一系列组件。在最新的一个案例中，根据日本滨松公司汽车激光雷达业务开发经理 Jake Li 的介绍，滨松公司能为激光雷达系统提供各种各样的光子学组件，从设计到装配 / 测试再到制造；为光的发射和探测提供光源和光电探测器，以及为激光二极管提供光束控制组件，如的微机电系统（MEMS）镜和快轴准直（FAC）透镜。

滨松公司的汽车级光电探测器是基于硅和铟镓砷（InGaAs）的，覆盖了 800~1600nm 的激光雷达设计需求，在 905nm 和 1550nm 处具有增强的灵敏度，从而改善了激光雷达设计的探测范围。

在光源方面，滨松公司专注于提供 800~905nm 的激光二极管，这些激光二极管从单堆叠到三堆叠设计，可以满足任何激光雷达设计的高功率输出需求，并提供连续波（CW）或脉冲（PLD）模式。

“为了实现 3D 激光雷达系统设计，我们可以提供各种光束控制组件，”Jake Li 说，“滨松公司的 1D 或 2D 汽车级电磁 MEMS 镜，以线性和 / 或谐振模式的组合方式工作，可以将光束引导到各个方向。我们的 FAC 可以对半导体激光器的发射光进行准直，这是控制激光雷达系统中光发散量的关键组件。”

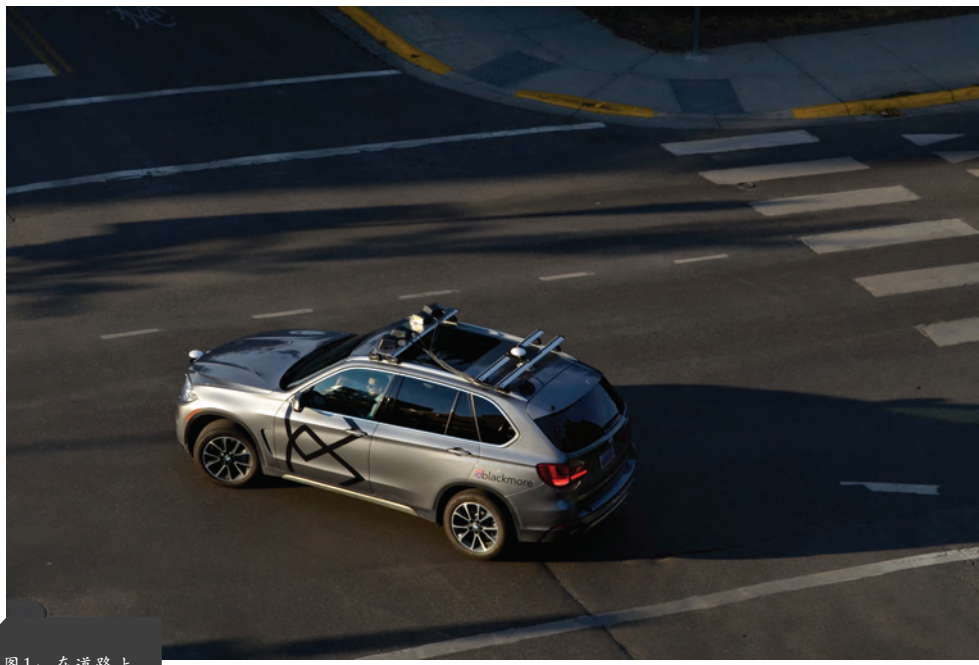


图 1：在道路上行驶的宝马 X5 测试车，车顶上安装了四个 Blackmore 激光雷达传感器。

对于一个激光雷达系统，仅能探测到来自目标的一小部分发射光子。因此，选择具有高探测灵敏度、高内部增益和低噪声及电容的正确的光电探测器至关重要。对于 905nm 的近程到远程激光雷达概念，硅雪崩光电二极管（APD）和硅光电倍增管（SiPM）是流行的探测器，当然每种都有自身的特定优势和不足。对于远程探测，人眼安全问题导致一些激光雷达概念的距离限制，这也说明了 1550nm 激光雷达系统的重要性。对于这些系统，滨松公司提供基于 InGaAs 的光电探测器，例如 InGaAs 光电二极管或 APD。“滨松的持续创新，应该可以克服这项技术的一些主要缺点，即成本较高和缺乏阵列产品。”Jake Li 介绍说。

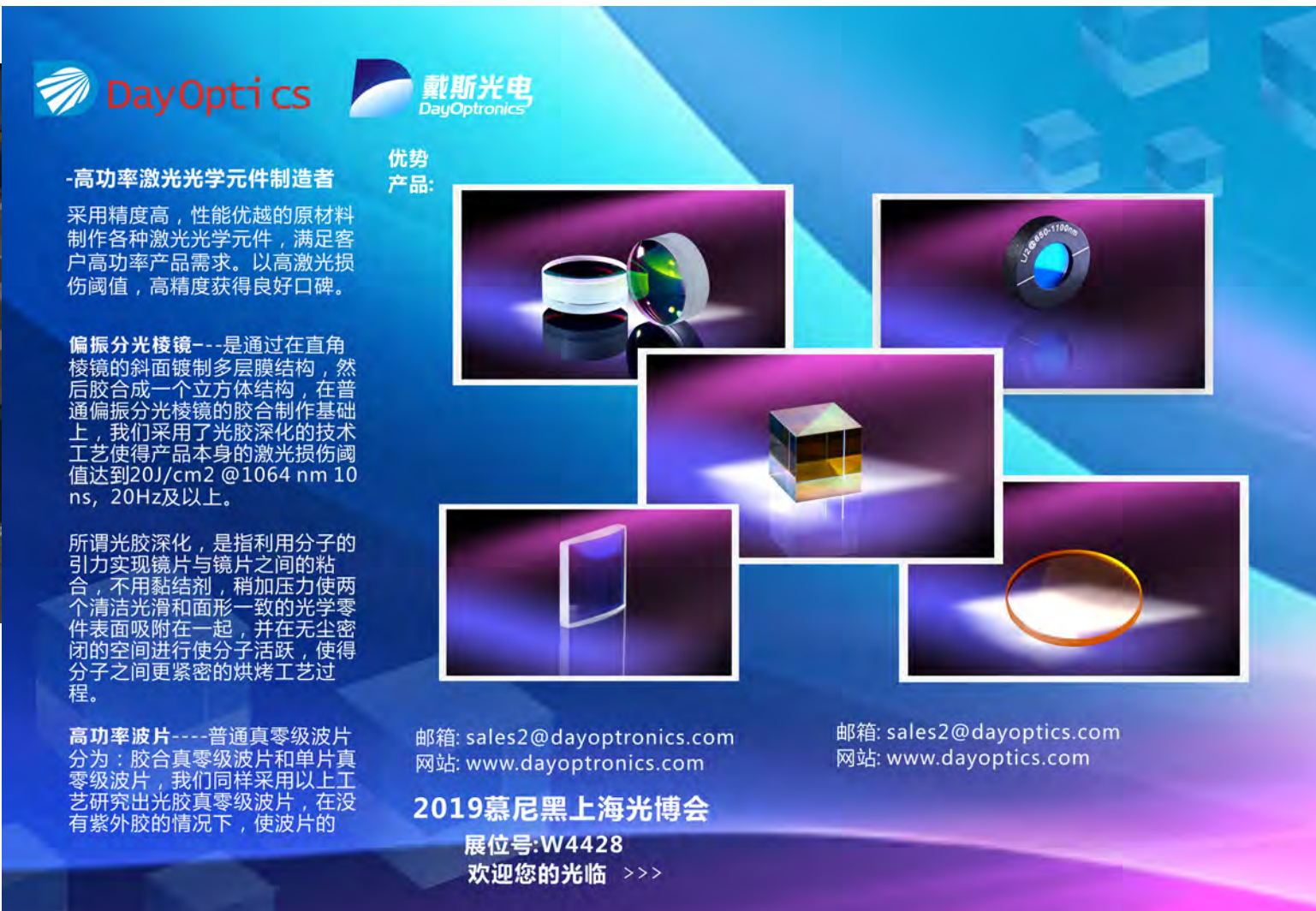
来生成高密度点云，需要快速采集和探测。这可以通过使用光电探测器阵列来实现，其中每个光电探测器采样到特定场景点的距离。“传统上，通常使用 APD 阵列，”Jake Li 说道，“然而，APD 需要高偏置电压（超过 150V）和温度补偿电路。这两项要求增加了功耗，这在可用功率量有限的自动驾驶车辆中，是不希望出现的。SiPM 解决了这个问题，因为温度灵敏度和偏置电压都显著降低。”

为不同激光雷达优化的两类激光器

美国 Lumentum 公司生产一系列二极管激光器（用“二极管激光器”代替“激光二极管”以表示完整的激光器，而不是像二极管芯片那样的元件），包括用于远程和近程激光雷达的激光器。

正如 Lumentum 的产品线经理 Tomoko Ohtsuki 所描述的，该公司为激光雷达提供两种关键部件：针对相干激光雷达优化的 1550nm 窄线宽分布式布拉格反射器（DBR）二极管激光器，以及高功率 940nm 垂直腔面发射激光器（VCSEL）阵列。Ohtsuki 表示，Lumentum 二极管激光器已经交付 2 亿件，故障率低于百万分之一。

940nm VCSEL 针对高分辨率闪光激光雷达和舱内监控进行了优化，1550nm 窄线宽 DBR 二极管激光器适用于相干频率调制连续波（FMCW）激光雷达设计。“DBR 二极管激光器针对激光雷达进行了优化，距离超过 200m，1550nm 波长提供的功率是更



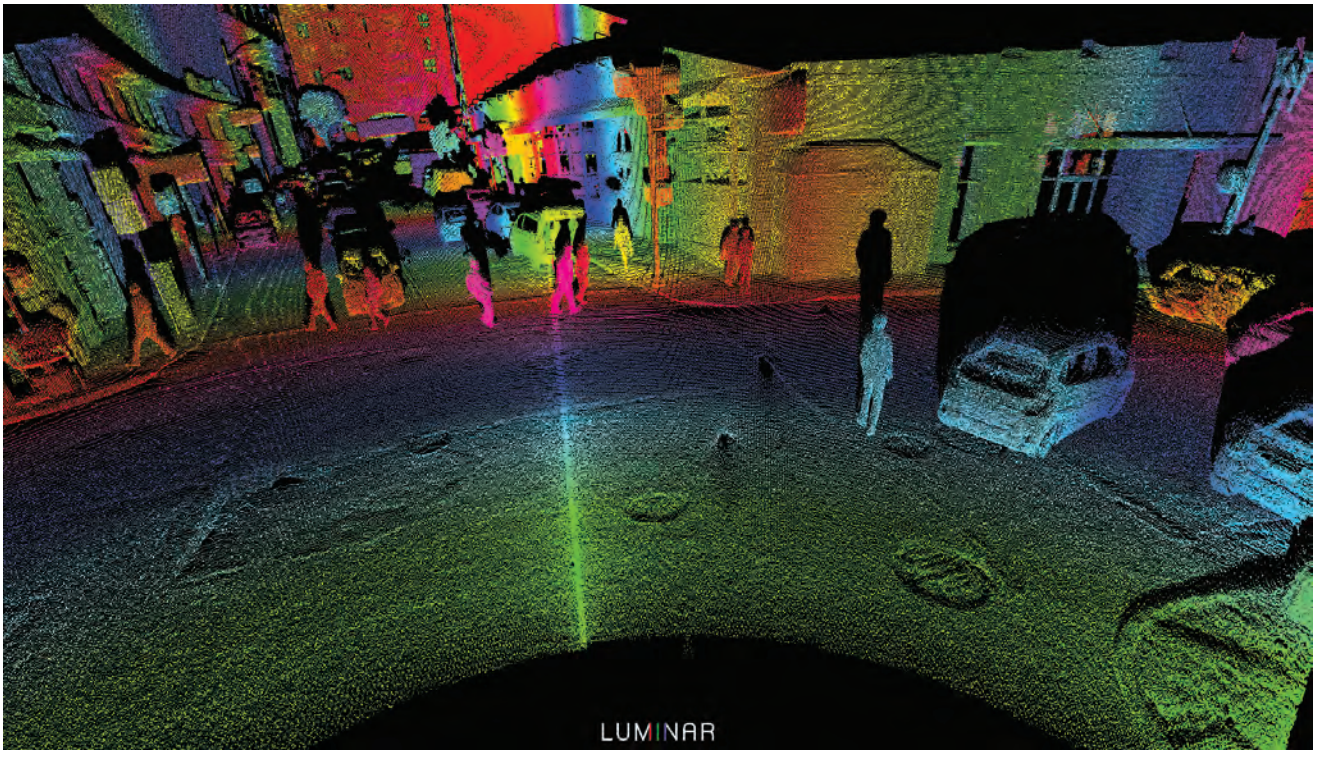


图2：Luminar公司的激光雷达传感平台，以每平方度250个点的像素密度捕获周围环境。

短波长激光器的 100 倍，并且具有更高的人眼安全性，这对于远程激光雷达尤其重要。”Ohtsuki 指出。

Ohtsuki 补充说，相干 FMCW 系统中的窄线宽 DBR 二极管激光器，可用于需要更低功率的下一代长距离激光雷达系统，能同时探测速度和距离。Lumentum 的窄线宽 DBR 二极管激光器，使用紧凑的磷化铟（InP）激光二极管（该激光二极管长期用于光通信中），并具有固有的噪声滤波和带外波长抑制。

具有硅光子学的激光雷达

美国 Blackmore 公司制造完整的相干频率调制连续波（FMCW）激光雷达系统，其距离大于 200m（见图 1）。FMCW 概念将现代相干光通信硬件与先进的雷达信号处理技术结合在一起。

“Blackmore 实时提取和汇编距离和多普勒数据到点云。这使得点能够以亚毫秒的延迟从传感器流式传输。”Blackmore 公司联合创始人兼首席技术官 Stephen Crouch 解释道，“它的系统使用相干探测进行测量，具有单光子灵敏度，仅受量子噪声的限制，这有助于穿透雨、雪和灰尘。它们还具有极高的动态范围，可以轻松地看到明亮的物体，如路牌和尾灯，也可以看到较暗的物体，如轮胎和路面。”

该系统的实时计算允许在嵌入式处理硬件上进行处理。因此，该公司正在开发硅光子学专用固态扫描仪，以配合 Blackmore 的激光雷达引擎，用于大规模生产全固态激光雷达传感器。

Crouch 介绍说，直接探测激光雷达系统无法同时测量距离和多普勒（速度信息）。与幅度调制脉冲激光雷达相比，Blackmore 公司的多普勒激光雷达能够感知远距离物体的实时速度，为自动驾驶汽车提供了许多至关重要的好处，包括免受太阳光以及其他传感器（包含其他激光雷达传感器）的干扰，与传统脉冲激光雷达系统使用的计算密集和较慢的方法相比，它们快速、简单，能够直接测量速度，物体的速度是使用多个数据帧计算的。

Crouch 表示，Blackmore 公司的抗干扰多普勒激光雷达传感器产生统一的点云（可选点吞吐量为 300kpts/s~1.2Mpts/s），每个测量点具有瞬时速度（±150m/s，分辨率为 0.2m/s）。

多普勒速度测量有助于深入了解行人意图，尤其是在人口密集的城市环境中。通过分析静态物体和带有激光雷达的移动车辆之间的相对速度，多普勒数据场还可以充当车辆定位的独立输入。多普勒数据还有助于过滤雨、雪和灰尘条件下的噪声点。

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

开发工具

另一家提供完整的远程（长达250m）高分辨率汽车激光雷达平台的公司是美国Luminar公司。该公司联合创始人兼首席技术官Jason Eichenholz表示，该平台的主要子系统（包括激光器、扫描仪和接收器）均由Luminar开发，实现了在公路和城市驾驶应用中的安全性和自主性所需要的性能。例如，接收器技术是由InGaAs芯片通过硅ROIC和电子架构开发的。

在激光雷达平台中，远程和高分辨率3D传感与高保真目标几何探测相结合，可以在范围内对物体进行分类。同时捕获点属性（例如反射率）以在范围内快速分割和分类对象（见图2）。

“传感器必须足够灵敏，能够可靠地测量从远距离目标返回的小信号，同时承受来自附近后向反射器或其他高反射率目标的高能量回波。”Eichenholz说道，“Luminar激光雷达的核心是高度灵敏的混合接收器，其采用具有成熟和复杂硅逻辑的低成本InGaAs芯片。利用这种接收器的激光雷达系统，每秒能够测距数百万个点，每个点都具有超过250米的测距范围。”

根据Eichenholz的说法，该传感平台朝向图像的地平线的像素密度为每平方度分辨率250个点（目前部署的现有系统将达到每平方度约5个点）。

Eichenholz指出，Luminar已经向合作伙伴提供了开发者工具，帮助他们通过3D激光雷达数据基础设施、标签和注释工具，自主进行堆栈软件开发。“这些工具允许合作伙伴充分利用高保真数据，”Eichenholz说，“这种感知平台能够在视场中展示新的细节层，并能够绘制视图中物体的速度、移动和探测情况。”

多种形式的激光器

如果一家拥有光源专业知识的大型光电子制造商对汽车激光雷达感兴趣，那将是非常有意义的。事实上，凭借照明和其他LED而闻名的德国欧司朗公司，也加入了汽车激光雷达的圈子。正如欧司朗区域营销经理Rajeev Thakur所说，欧司朗为激光雷达提供激光器，波长为905nm，40A下每通道的峰值功率高达120W。

“我们提供多种形式的激光器，从裸芯片到塑料封装，以及未来的表面安装的四方扁平无引脚（QFN）封装。”Thakur介绍说，“目前欧司朗提供的是单通道激光器；未来我们将提供多通道激光器。此外，我们还提供光电二极管探测器，其可与我们的905nm激光器配合使用。”

Thakur指出，目前欧司朗的单通道裸芯片（SPL DS90A_3）被主要激光雷达制造商广泛使用。该裸芯片尺寸小巧（0.4mm×0.6mm），具有三个垂直堆叠的激光器，在40A时产生120W的峰值功率。光谱宽度为±5nm，工作温度为-40~105℃，允许的最大占空比为0.1%。

“SPL DS90A_3的认证将参考典型的汽车工作条件进行，”Thakur说，“我们有超过1000万个激光器服务于现场应用中，在超过10年的时间内，迄今为止芯片故障为零。”Thakur还补充说，除了坚固性，客户青睐欧司朗的激光器，关键原因是其高峰值功率（120W）、小孔径（200μm）和小尺寸（可根据设计要求，密集堆叠多个激光器）。他说许多扫描旋转激光雷达都使用这款激光器，因为其高峰值功率所提供的信号，能够对低反射率（10%）物体实现200m的激光雷达探测范围。

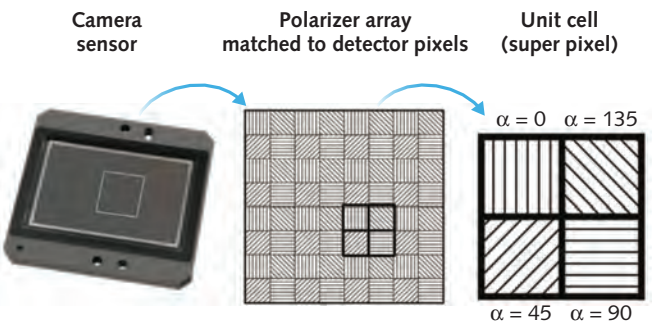


图3：微偏振器相机包含具有不同偏振方向的像素大小的偏振器，从而捕获难以获得的图像信息。

“加拿大Phantom Intelligence公司已经使用欧司朗的红外（IR）脉冲激光二极管和光电二极管，开发了一种汽车激光雷达平台，用于探测道路上的物体，防止碰撞。”Thakur说，“激光器在70W的峰值功率下，可提供高达40%的高效率，从而实现更长的使用寿命。”

微偏振器相机

光子学行业在知识产权（IP）方面的资源非常广泛。对于自动驾驶车辆而言，这意味着为某些其他目的而开发的技术，可能是激光雷达的理想选择。美国4D Technology公司的新技术开发总监Neal Brock指出，研究人员已经证明，微偏振器相机可以提高闪光激光雷达系统的性能，并降低复杂性。

Brock表示，微偏振器相机技术最初是由4D Technology公司在几年

Tube
Finished products
钣金加工
Welding Tools
管及部件
CAD/CAM/CIM
Controlling
切割
Sheet metal
Cutting
机械元件
Assemblies Joining
金属板材
Measuring
成品、组件、装配

ASIA BLECH



99% 观众满意度

56% 海外观众比例

14 参观国家



AsiaBLECH 2019
第四届亚洲国际金属板材加工技术展览会

2019年11月20-22日 中国，成都

40,000+亿 四川省2018年GDP

1,000+家 川渝地区相关企业

16个 先进制造业产业园

成都是中国西南地区制造业的中心

汽车制造：2020年，全省汽车年产能达**400**万辆，推动全省汽车产业产值突破**5,000**亿元，成为全国重要的汽车研发与制造基地。

电子信息产业：2018年，成都高新区**123**家规上电子信息制造业企业累计实现产值**3,000.5**亿元，同比增长**20.41%**

轨道交通产业：到2025主营业务收入将突破**2,000**亿元。其中，装备制造达到**1,000**亿元以上，整车制造能力**4,000**辆以上。

现在预定
立刻把握绝佳商机

全球最大钣金展-EuroBLECH
和中国西南地区明星城市-成都的完美结合

asiablech
+86-21-5204 9711
asiablech@mackbrooks.com

www.asiablech.com

主办方 MACK BROOKS exhibitions

由EuroBLECH主办方为您呈现

支持单位 成都市钣金行业协会 Chengdu Sheet Metal Association

官方指定媒体 International Sheet Metal Review

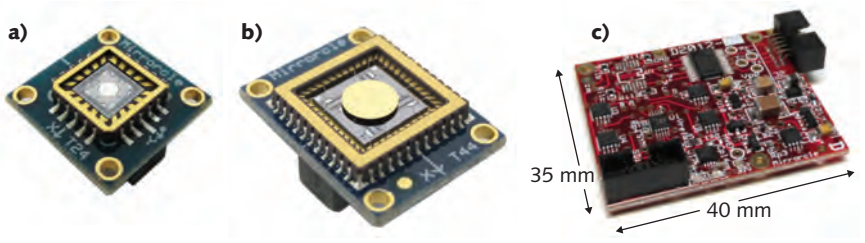


图4：Mirrorcle Technologies公司生产的MEMS器件包括：直径为2.0mm的铝MEMS反射镜，采用15mm×15mm的封装形式（a）；直径为4.6mm的金MEMS反射镜，采用15mm×20mm的封装形式（b）；以及带有可编程低通滤波器的数字输入MEMS驱动器，可驱动任何Mirrorcle MEMS反射镜，功耗<150mW（c）。

前开发的，主要用于动态干涉仪。微偏振器相机类似于彩色相机，不同之处是它感测的是光的偏振而非颜色。与彩色相机的红色、绿色和蓝色像素图样不同，微偏振器相机中使用四种不同偏振器的像素图样（见图 3）。与彩色相机的彩色滤光片一样，微偏振器相机的偏振滤光片不会给相机增加额外的重量或体积。目前市场上可提供阵列尺寸 500 万像素的微偏振器相机。几个激光雷达研究小组正在使用微偏振器相机开发激光雷达系统。最近，韩国高等科学技术研究所的一个研究小组，展示了微偏振器相机技术可以为激光雷达系统提供的优势。

大多数激光雷达系统测量快速脉冲激光束的飞行时间（ToF），该激光束在成像场景中快速扫描。系统通常体积较大，并且具有相对较低的空间分辨率。所展示的相对简单的激光雷达系统没有移动部件，使用 100 万像素 4D Technology 微偏振器相机、脉冲激光器和基于普克尔斯盒的偏振调制器，来旋转从场景返回的光的偏振。

激光在单个短光脉冲中照亮整个场景。与激光脉冲同步的普克尔斯盒，在光从场景返回时旋转光的偏振，使得其到达时间对应于独特的偏振或延迟。微偏振器相机以单个视频帧捕获来自场景的光脉冲，该脉冲已经在时间上被偏振编码。由微偏振器相机瞬时捕获的四种偏振，使得能在场景中的每个点处计算相位延迟（和距离）。

激光二极管准直光学元件

LightPath 是一家通过不同制造工艺（包括模压和金刚石车削）生产红外和可见光学元件的公司，拥有与汽车激光雷达相关的多种光学能力。LightPath Technologies 公司应用工程经理 Andrew Locke 特别强调了该公司在准直透镜和各类组件方面的专长。

精密玻璃模压能实现激光二极管准直透镜的大规模低成本生产，这些准直透镜能够精确准直激光二极管的光束，而激光二极管的输出光束发散（甚至光源焦点位置）在两个正交轴上并不相同。此外，如果需要，还可以根据需要，大量制造带有其他非球面和自由曲面的模压透镜。

LightPath 公司还生产熔接光纤准直器，其中传输高功率激光的玻璃光纤末端，熔接到折射率匹配的单片玻璃透镜的一端，消除任何未对准的可能性以及两个玻璃 / 空气表面可能导致的光学损耗。

MEMS扫描

对于扫描激光雷达应用，可以使用双轴 MEMS 反射镜（见图 4）快速可靠地将激光束引导到目标环境中，如美国 Mirrorcle Technologies 公司生产的扫描系统。Mirrorcle 公司高级电子工程师 Abhishek Kasturi 表示，这些反射镜，能够处理大多数激光雷达设计中使用的各种波长。当采用静电驱动和纯硅结构设计时，MEMS 反射镜已被证明具有极宽的环境温度耐受性、良好的可靠性和可重复性。

“单基双轴设计需要更大的孔径和更大的角度，”Kasturi 说，“因此，我们制造大直径、大角度双轴 MEMS 反射镜、紧凑型 MEMS 驱动器、电子控制器单元和软件，以方便驱动，与接收器同步等。”这类产品的典型扫描速率 >500 线 / 秒。

在双基设计中，输出激光束和接收器光学元件是两个独立的孔径，允许 MEMS 反射镜的尺寸更小，因此更快，并具有更高的带宽和最高的震动和振动稳固性。这些设备适用于那些具有“基于相机的探测系统或经典 ToF 接收器”的客户，并且具有直径更小、角度更大的双轴 MEMS 反射镜。典型的扫描速率 >2000 线 / 秒，但采

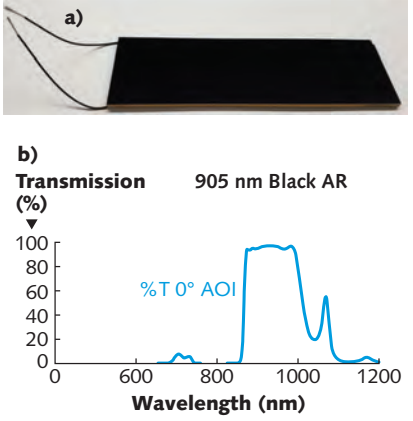


图5：外部激光雷达窗口片（a）对可见光是不透明的，对近红外光是透明的；图（b）显示了黑色近红外减反窗口片的光谱性能，包括背面的透明导电涂层和正面的疏水/疏油涂层。

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

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

2019.07.03-06

上海新国际博览中心

W1,W2,W3,W4,W5,E1,E2,E3馆

15th ANNIVERSARY 2004-2019

Reed Exhibitions® Hengjin

励进展览(上海)有限公司

扫码预登记

免50元门票费

86-21-64681300 amts@reedhengjin.com www.shanghaiAMTS.com

用包含两个单轴 MEMS 反射镜的设计，可以实现 >20000 线 / 秒的扫描速率。

“阵列式发射器设计基本上与美国 Velodyne 公司的单个激光雷达的旋转阵列一致，其中旋转电机可以用单轴 MEMS 反射镜替换，以获得更紧凑和更具成本效益的解决方案，尽管方位角范围较小，”Kasturi 解释道。

两种设计通过矩形“线”反射镜来处理该空间。更快和更小的区域镜（4mm × 1.3mm）可以在任何扫描速率下使用，最高扫描速率可达至少 3500 次扫描 / 秒。此类产品中最大的镜子（6mm × 2.4mm）能以高达 800 次扫描 / 秒的速度使用。Mirrorcle 公司还生产扫描模块，其中已经解决了激光器集成、光束成形、对准和驱动等问题。

许多基于扫描的汽车激光雷达系统制造商，已经与 Mirrorcle 公司进行了交流。“虽然我们无法透露大多数客户以及他们的方法，但是我们可以展示美国陆军研究实验室（ARL）在 2012 年所做的工作，其作为各种激光雷达系统的参考设计，[1] 包括波音公司的 SpectroScan 3D。”[2] Kasturi 说，“自那时起，ARL 已经使用 Mirrorcle 公司最新的 MEMS 反射镜更新了设计，对传感器系统进行了改进，并在 2016 年 SPIE DCS 会议上展示了他们的进展。”[3]

多功能镀膜光学元件

光谱选择性光学元件对汽车激光雷达系统至关重要。美国 Viavi Solutions 公司为这种类型的激光雷达提供了两种主要光学组件，正如该公司全球现场应用工程总监 Georg Ockenfuss 所指出的那样。

Ockenfuss 说：“一种是获得专利的低角度偏移（LAS）近红外带通滤光片，位于探测器的前面。Viavi 光学滤光片解决了自动驾驶汽车设计中激光雷达系统的两个主要问题：凭借其高透射率，它允许使用调光器返回光束，从而使光信号能够进一步传播到其目标。由于其低角度偏移，它使激光雷达系统能够在最明亮的阳光下以高可靠性运行。Viavi 光学技术对返回光进行滤光，使其信噪比能比其他传统滤光片提高 150%。”

Viavi 目前正在开发的第二款产品是激光雷达系统的外部窗口片（见图 5）。窗口片具有对光源波长的减反层（AR），该膜层在 -60~60° 的角度范围内工作。“此外，这款 AR 可以是可见光谱中的黑色或任何颜色，以便为汽车设计师带来更加美观的美感。”Ockenfuss 说，“窗口片在可见光谱上是不透明的，这也使人们看不到它背后的技术组件。窗口片的正面涂有高度耐用的疏水和疏油涂层，防止水凝结，并易于清洁。窗口片的背面包含透明导电涂层，可以加热窗口片进行除霜和除冰。”

LAS 近红外带通滤光片和耐用型黑色近红外 AR 窗口片，使用相同的基础技术，这是近 10 年前由 Viavi 公司开发的一种用于沉积硅的工艺，沉积的硅在约 780nm 波长具有高度透过。硅在 900nm 处具有约 3.7 的折射率，显著高于用于近红外光谱的薄膜干涉滤光片中通常使用的任何氧化物的折射率。这极大地扩展了近红外薄膜滤光片的设计空间。❑

参考文献

1. R. Moss et al., “Low-cost compact MEMS scanning ladar system for robotic applications,” Proc. SPIE, 8379, 837903 (2012).
2. See https://goo.gl/7KVE5D
3. B. L. Stann et al., “Progress on MEMS-scanned ladar,” Proc. SPIE, 9832, 98320L (2016); doi:10.1117/12.2223728.

上接第34页

(2) 外界因素（如温度）变化引起的功率变化

① PLD ↓ → Im ↓ → VPD ↓ ,VRv ↑ → IRv ↑ → Ib(Q1) ↑ → IC(Q1)[Ib(Q2)] ↑ → Ic(Q2)[ILD] ↑ → PLD ↑ →光功率维持相对稳定。

② PLD ↑ → Im ↑ → VPD ↑ , VRv ↓ → IRv ↓ → Ib(Q1) ↓ → IC(Q1)[Ib(Q2)] ↓ → Ic(Q2)[ILD] ↓ → PLD ↓ →光功率维持相对稳定。

通过以上对 LD 工作原理的了解，以及对 APC 电路的工作状态分析过程，该 APC 驱动电路可以实现外界因素变化时的自身调节维，以保持光功率相对稳定。也可以主动调节可调电阻的阻值来实现光功率的变化，满足客户对小功率激光器的不同光功率要求。

上述电路能够满足一般恒定功率输出的要求，通过以上负反馈控制，这种电路的输出功率可能还会有 ±10% 的变化。如果有更高的输出功率要求，这个电路还要更加完善或采用专用集成电路来完成。❑





LFSZ
LASERFAIR SHENZHEN

中国（深圳）激光与智能装备博览会

2019年5月8-10日
中国 · 深圳会展中心
Hall 7 & Hall 8 & Hall 9
www.laserfair.cn

激光 联 万物 来

- 激光加工应用技术
- 激光器与发光元件
- 光学与精密光学
- 集成自动化





Deutsche Messe　FIERA MILANO

汉诺威米兰展览（上海）有限公司
联系人：孔令国 先生/刘秀敏 小姐/郑悦 小姐/黄雯 小姐
电话：021-50456700-222/226/284/246

Deutsche Messe　FIERA MILANO　XZQ

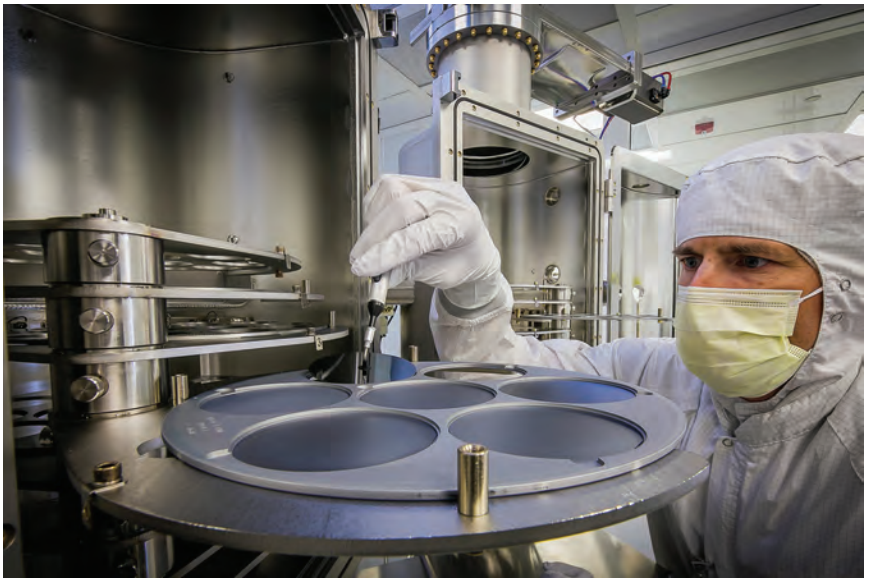
汉诺威米兰星之球展览（深圳）有限公司
参观咨询：粟 宇 先生/李 琳 小姐
电话：0755-23207500-811/812

高功率激光二极管，为特定的利基市场而生

——访Lasertel公司总裁Mark McElhinney

文/Conard Holton，LFW资深编辑

最近，我有幸与 Lasertel 公司总裁 Mark McElhinney 继续之前的谈话，他通过拓展高功率激光二极管的应用和市场，带领公司不断发展壮大。Mark 在高功率激光器方面拥有雄厚的背景，他曾经是 ADC 公司的工程总监。他还是 Spectracom 公司的创始人和技术总监，并曾经在 Pirelli Cavi、Motorola 和 IBM 供职。他拥有格拉斯哥大学电气工程学士和博士学位。



图：Lasertel公司专注于为各种应用定制高功率激光二极管。

Conard Holton（CH）：你于 2003 年加入 Lasertel（当时还是 Presstek 公司的一部分），主要致力于为印刷行业提供激光二极管。现在，你为国防、医疗和汽车激光雷达市场制造广泛的高功率激光器产品，是什么让你做出如此巨大的改变和发展？

Mark McElhinney（MM）：我当年加入 Lasertel 时，很明显这项技术的应用已经超出了我们曾经服务的印刷领域的业务范围。我们面临的挑战不是寻找新的机会，而是决定我们想要追逐什么样的机会。我们的方法是优先考虑自身业务优势，比如我们定制产品的能力、我们的高可靠性应用体验以及我们在美国的位置，这些都是我们的优势。

CH：Lasertel 作为意大利大型国防承包商 Leonardo 公司的一部分，对于 Lasertel 来说意味着什么？

MM：虽然 Lasertel 是一家在美国运营的独立公司，但是 Leonardo 公司的系统专业知识和全球资源，无疑有助于支持 Lasertel 的发展。来自 Leonardo 的财政支持使我们得以在研发方面持续投资，以此来增强我们在汽车激光雷达、定向能等方面的能力。虽然 Leonardo 已经建立了很多业务服务于整个国防工业，但是他们依然希望通过 Lasertel 在美国定向能源市场取得发展。

CH：你自身的行业背景和企业家背景，对你现在的工作有哪些帮助？

MM：我相信，我自身的背景对于 Lasertel 的早期成长至关重要。我能够开发关键客户关系，确保我们始终专注于执行计划，避免做出短期决策的诱惑。在目前的发展阶段，Lasertel 已经取得了足够的动力、超越了最初的创业心态，现在我更专注于建立基础设施，使大家能够在一个成长型组织中做出关键决策，同时不会失去对市场的响应速度和与小企业客户的联系。

CH：在我们上次的谈话中，你有一个非常有趣的观点：只有激光二极管公司才能开拓利基市场。为什么这么说呢？

MM：Lasertel 是一家定制激光二极管的制造商，因此我们的许多项目都是长期合作，这些项目本质上都

是特定的利基市场。大型激光系统制造商依赖于通常具有长交货期和工艺限制的供应链。

我们是快艇，不是油轮。定制激光二极管的交货期通常都很短，大约几周的时间。这使我们能够快速响应市场需求，并能在产品开发的早期阶段向客户提供小批量产品原型，然后与客户合作过渡到生产阶段。我相信这种灵活性是激光二极管在市场上获得成功的关键。

CH：拥有或控制集成到激光模块和子系统中的其他组件，对您来说有多重要？

MM：这是由客户驱动的，是一个巨大的增值项。我们的成功源于我们根据应用定制产品的能力。垂直集成和控制我们产品中使用的组件，对于我们能够及时、经济高效地提供技术要求极高的产品至关重要。

随着我们的产品变得越来越复杂，我们发现，客户更喜欢我们为他们提供一个单一的集成单元，将驱动器和控制电子元件整合在一起。这对于国防和汽车等特定市场尤其重要，因为有效的集成可以在性能、尺寸、重量和功率方面带来多重利好。

CH：你认为定向能武器会被广泛采用吗？

MM：我喜欢把定向能看作是对现有已部署应用的逻辑扩展。例如，我们已经在红外对抗（IRCM）系统中使用激光，通过混淆导弹的传感器来保护飞机免受导弹攻击。随着技术的进步，现在通过增加激光功率，有可能永久性地损坏这些传感器或导弹本身。这使得对即将到来的威胁的处理更加迅速和有效。



Mark McElhinney，Lasertel公司总裁

我认为，我们会看到防御系统逐渐演进到使用新技术，但会是以一种循序渐进的推进方式，同时现有系统也会逐渐更换或升级。所有基于激光的定向能系统的核心，都包括激光二极管。我们的直接二极管泵浦源是光纤激光器、固态激光器或混合激光器的常用元件，因此我们希望能够很好地支持美国的定向能市场。

CH：直接二极管激光器正被应用到越来越多的应用领域中，你如何看待这种发展？

MM：在半导体晶片加工和飞机机翼制造等领域，出现了许多新兴的直接二极管应用。我认为直接二极管应用将继续增长，当然它的发展会再次受到市场的驱动。限制因素将是市场对新技术的接受度。

CH：过去我们曾讨论过吸引光子学专业人才面临的挑战。你的方法是什么？效果如何？

MM：激光行业相对较小，招募到与我们的增长速度相匹配的人才，无疑是2019年我们面临的最大挑战之一。我认为我们的文化力量、我们活跃的人力资源部门、我们的地理位置，以及我们与亚利桑那大学的密切关系，都是我们招募人才的加分项。

团队合作是Lasertel的首要任务。我们改进了内部沟通，包括全体会议以及员工和领导团队之间的小型会议，我们会让员工提出问题并给出改进建议。我们还致力于确保所有员工了解我们的战略，以及我们作为一家公司的发展方向。所有这些都有助于提高员工意识、敬业度和推荐人选。我们的员工喜欢在Lasertel工作，并且能很好地向业内其他人推荐Lasertel。事实上，去年我们招聘的很大一部分员工，都是内部员工推荐的。

我们并不担心雇佣到没有激光专业知识的人才，我们会把他们带领到激光技术上。像汽车激光雷达等快速发展的领域，能有一个精通客户需求的人，是很有帮助的。

最后，我们努力让Lasertel成为一个有趣的工作场所。我们鼓励体育竞赛，并赞助一些员工活动。我个人非常喜欢我们的自行车小组，我也经常与大家一起骑行。❑

Conard Holton，拥有25年的科技编辑和写作经验。他在纽约州能源研究与发展局和国际原子能机构等政府机构以及Bechtel等工程公司任职。Conard于1997年加入Laser Focus World，担任高级编辑；2003年，他加入Vision Systems Design担任总编辑，同时继续担任Laser Focus World的特约编辑；并于2011年8月接任Laser Focus World总编辑直至2018年8月。目前，他担任Laser Focus World资深编辑，并担任“激光与光子学市场研讨会（Lasers & Photonics Marketplace Seminar）”主席。Conard拥有宾夕法尼亚大学学士学位，并在美国西北大学梅迪尔新闻学院深造。



LDD–700焊接全过程监测系统



IPG 新推出的 LDD-700 焊接全过程监测系统，通过监测焊接工艺的质量和一致性，来改进焊接操作，减少了对产品进行破坏性测试焊接效果的需求，在一致性和准确性方面达到新标准。

LDD-700 具备传统焊接监控系统所不具备的熔深监测能力，可简化质量控制流程，并大幅减少返工。通过与焊接相同的光束传输系统，在焊前、焊中和焊后测量材料表面，单独显示该零件的情况。红外激光束重新反射回焊接头，然后生成精确测量匙孔深度的成像系统；同时确保光束射入零件的正确位置，能达到与破坏性测试一样精确的测试结果。可在焊接过程中及早发现错误，帮助制造商免去报废昂贵零部件的风险。

IPG Phtonics，www.ipgphotonics.com

相干公司精密激光切割机ExactCut

相干公司宣布推出第一款 Exact 系列精细材料激光加工设备——ExactCut ™微加工系统，它集智能化、集成化和互联性于一体，可用于金属、合金、蓝宝石、多晶金刚石（PCD）和陶瓷等材料的精密切割。



ExactCut 为所需的不同应用场景提供了预先编设好的工艺参数。对医疗器械、电子产品、汽车和钟表等要求较高的制造应用而言，这是一个行之有效的解决方案。ExactCut 还可高度灵活地应用于多用途工作站。

ExactCut 系统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复杂的人机界面。智能直观的软件界面，大大简化了参数和工艺参数的录入，大大提高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 系统还提供复杂的远程诊断和预测维护功能。

相干公司，www.coherent.com

安扬激光工业级多波长飞秒激光器 FemtoYL™–Vary

武汉安扬激光发布工业级多波长飞秒激光器 FemtoYL ™ -Vary，它基于光纤 CPA 技术，能够根据客户需要，通过电脑软件控制输出 1030nm、515nm 或 343nm 三种波长。



该激光器采用被动锁模光纤振荡器产生飞秒脉冲，振荡器设计为全光纤结构，可靠性高，寿命长。FemtoYL-Vary 激光器采用基于光纤的啁啾脉冲放大，并且由成熟的腔外倍频产生绿光和紫外波长的飞秒激光。该激光器采用一体化结构设计，输出光斑模式优良，可实现 20W@1030nm、8W@515nm 和 3W@343nm 的功率输出，支持 Burst 模式和同步位置输出（PSO）功能，提供稳定可靠的 24×7 操作，维护简单方便。FemtoYL-Vary 还具有安全、易于系统集成和体积小等特点，降低整个产品生命周期的综合成本。

主要应用领域包括双光子聚合、OLED 屏幕修复、半导体芯片分粒等微加工应用。

安扬激光，www.yslphotonics.com

华光光电推出808nm 10W自产芯片单管激光器



华光光电推出了使用 808nm 10W 自产芯片的激光器件。这款产品的性能和可靠性等指标已通过了国内专家组的鉴定和客户端考评，主要指标达到业界领先水平。目前，该产品已经应用于激光美容、激光打标、安防监控、泵浦源等领域，取得了良好的市场反应。

使用 808 10W 自产芯片的激光器件的主要指标如下：在连续电流测试下的输出功率达 10.5W@10A；电光转换效率 57.4%；斜率效率 1.3W/A；输出波长 807.4nm。

在频率 10Hz、脉宽 200μs 的条件下，对器件进行了 COD 的测试，最高在 53.8W@50A 仍未出现 COD，达到了额定工作电流的 5 倍以上。在额定电流 1.2 倍下老化 1200 小时，未见功率衰减。

目前推出的单管激光器主要有 C-mount、T-mount、Q-mount 等各种定制封装形式。

华光光电，www.hggd.cn

Connecting Global Competence

Messe München



展位预定

+86-21-2020 5582

先到先得

2019年3月20-22日

上海新国际博览中心 W1、W2、W3、W4、W5、C6馆

扫一扫，加微信！

world-of-photonics-china.com.cn

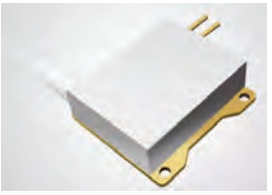
world-of-photonics-china.com

慕尼黑上海光博会

LASER World of PHOTONICS CHINA

凯普林光电新一代高亮度、轻量化光纤耦合半导体激光器

北京凯普林光电科技股份有限公司泵源研发团队创新开发出 New Beam X 系列光纤耦合半导体激光器，实现了高亮度和轻量化于一身，很好地满足了高功率光纤激光器市场对高亮度、轻量化半导体泵浦源地需求。



New Beam X 系列激光器的尺寸为 47mm×46mm×14.5mm，重量 85g，热阻＜0.3K/W，已经实现了 1.2g/W 的轻量化指标。目前 9XXnm 波段可实现 70W、105μm 光纤稳定输出，光斑能量分布满足 0.15NA/0.22NA ＞ 95%的高亮度指标。

此外，该系列产品还可根据客户需求定制锁波长产品。目前已向客户提供 976nm±0.5nm、60W 泵浦源组件数千只，满功率电光转换效率达到 50%，锁波稳定。

北京凯普林光电，www.bwt-bj.com

通快发布牙科义齿3D金属打印机

通快推出高效的牙科义齿 3D 金属打印机 TruPrint 1000。这是目前唯一可以使用多种激光的小格式系统，它以两束激光束制造牙科产品的速度是传统牙科铣床的 10 倍。这款 3D 打印机还有另一项创新功能：数字连接。通过与铣床的无线连接，TruPrint 1000 能够打印植入式义齿。



TruPrint 1000 的多激光加工能力使该系统能够在不到三小时的时间内制造至少 80 颗牙齿，打印一颗牙齿大约是三分钟，并且打印质量非常好。通快的专家升级了该系统的 IT 接口，为 TruPrint 1000 配备了连接铣床的数字链接，这是迈向自动化大规模生产的关键里程碑步骤。

TruPrint 1000 将使义齿成为越来越多的病人能够负担得起的“奢侈品”。

通快，www.trumpf.com

II–VI公司推出带控制单元和图形用户界面的高灵活度激光加工头

II-VI 公司推出的 HIGHmodular 激光加工头，是一款面向激光焊接应用的高灵活度产品，其内置嵌入式控制单元，并且可以通过图形用户界面编程。HIGHmodular 加工头为聚焦控制提供极大的灵活性，集成一维扫描仪、变焦准直和广泛的光学扩展模块阵列，有助于优化激光焊接任务。



HIGHmodular 不但能在不同的工件之间不断地调整焦点直径和位置，而且也能在焊接过程中实现这种调节，这使得软件控制的焊接达到了一个全新的灵活性和生产力水平。HIGHmodular 采用 10kW 工业激光器，能在铝、铜和钢等多种材料中实现领先的焊接质量。

主要应用领域包括切割、焊接和钎焊等。

II-VI，www.ii-vi.com

IPG光束模式可调的激光器

IPG 的 YLS-AMB 光束模式可调激光器，可提供高达 25kW 的总输出功率，并可自动调节输出光束模式参数。光束中心可提供高达 12 kW 的输出功率。

输出光束模式可独立编程调整为小光斑、高强度的亮芯与较大环形光束的任意组合，可以处理更宽范围的材料厚度，并提高穿孔和切割速度以及质量，以及优化焊接性能，使其不需要外部自由空间的光学器件，如光学开关、变焦处理头和以前支持这种灵活性所需要的其他外围设备。



YLS-AMB 光纤激光器凭借其功率上的优势，可以使用同一激光器对厚、薄材料进行最优加工。

IPG Phtonics，www.ipgphotonics.com

大族激光推出20kW光纤激光切割机

大族激光智能装备集团 20kW 高功率激光切割机的研制成功，获得用户青睐并即将交付。

采用光纤激光器，光电转化效率高达 40%；具有高功率、高亮度、无冷却运行等优势，并可通过增加单一模块的冗余量实现长期稳定的功率输出。

采用自主开发高智能化自动调焦切割头，以及自主研发的零秒穿孔、暴风切割、SP（除渣式）穿孔、厚板 PFC（完美）收刀、薄板 NANO（无过熔）收刀、SPO 小孔稳定切割、厚板快速切割等工艺，达到国际领先水平。

大族激光，www.hanslaser.com



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

Advertiser	广告商名称	网址	页码
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	43
AsiaBLECH	第四届成都国际金属板材加工技术展览会	www.asiablech.com	41
贝林激光		www.bellinlaser.com	7
CAMBRIDGE TECHOLOGY, A NOVANTA COMPANY		www.CambridgeTechnology.com/zh	17
CASTECH INC.		www.castech.com	31
CIOE	第21届中国国际光电博览会	www.cioe.cn	39
苏州卡门哈斯		www.carmanhaas.com	19
福州光诚光电		www.dayoptronics.com	37
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/039-8617	25
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	21
FISBA		www.fisba.com	23
Newport	理波光电	www.newport.com	1
Novanta		www.novanta.com	11
II-VI		www.ii-vi.com	9
Jenoptik Optical System GmbH		www.jenoptik.com.cn	13
LIGHT CONVERSION		www.lightcon.com	27
Laserfair Shenzhen	中国(深圳)激光与智能装备博览会	www.laserfair.cn	45
Laser World Of Photonics China	慕尼黑上海光博会	world-of-photonics-china.com.cn	49
MWCS	数控机床与金属加工展	www.metalworkingchina.com	51
PRECITEC		www.precitec.cn/products	5
SCANLAB GmbH		www.scanlab.de	15
Santec		www.santec.com.cn	IFC
安扬激光		www.yslphotonics.com	IBC
Zemax		www.zemax.com	3

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
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)
VP of Sales & Marketing (销售副总裁)
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
86 27 5923 3884/1564

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)
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)

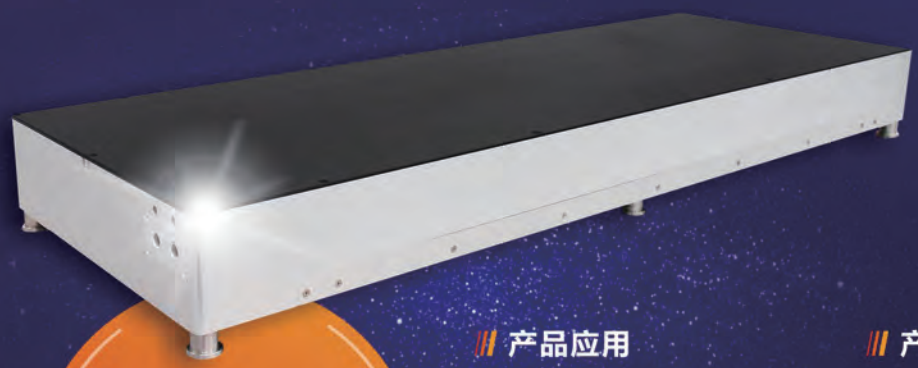
Europe
Holger Gerisch
holgerg@pennwell.com
Tel: 49(0)8801 9153791

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

慕尼黑上海光博会
LASER PHOTONICS CHINA
上海新国际博览中心
2019年3月20日—22日
欢迎光临我们的展位
W1.1538



100W 飞秒光纤激光器

产品应用

- 激光与材料的微纳加工
- 玻璃，蓝宝石等透明脆性材料加工
- FPC LCP材料加工
- PI/PET材料加工
- 薄金属材料加工
- 硅/碳化硅材料加工

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/Burst 功能
- 515/343nm 可选

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

壓電奈米定位系統之量子躍遷!

Aerotech推出全新Q系列定位系統QNP壓電奈米定位平台與QLAB壓電控制器

QNP定位平台提供次奈米級解析度,於同等級產品中最高的剛性,與共振頻率規格於極小的機構尺寸內. 適合用於高性能,具有空間限制的應用如:白光干涉儀,顯微鏡應用,與其他精密對位應用.

QLAB控制器具有簡易的觸控面板介面, 可以支援遠端遙控或直接使用EtherNET與PC進行通訊, 適用於各種應用.由於具有次奈米級的性能與簡易使用的控制器與程式編輯環境, Q系列壓電奈米定位系統將為奈米定位帶來革命性的方便性!



AEROTECH

www.aerotech.com • +86 (21) 5508 6731

AF1218B-RAD-ZH-CN