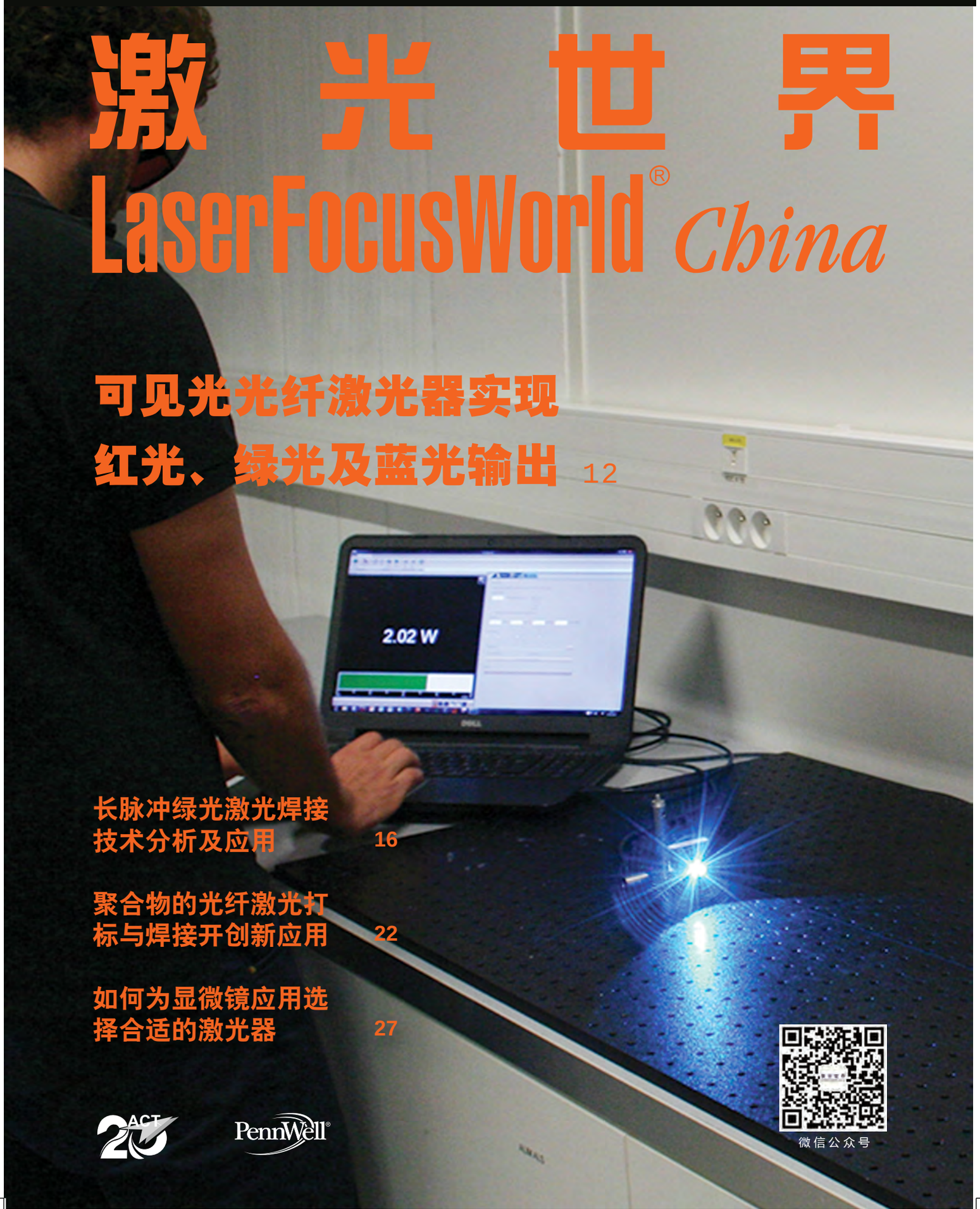
光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2018年9/10月 第5期
ISSN: 1817-6917

激光世界

LaserFocusWorld® China



可见光光纤激光器实现红光、绿光及蓝光输出 12

长脉冲绿光激光焊接技术分析及应用 16

聚合物的光纤激光打标与焊接开创新应用 22

如何为显微镜应用选择合适的激光器 27

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



Newport 万向调节系统

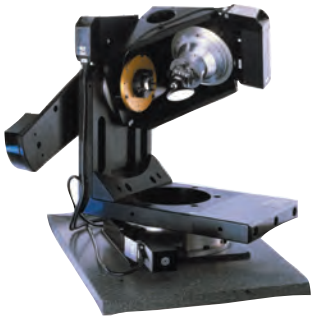
创新的运动控制方案

55年以来，Newport万向调节系统已经在世界上科研、安全、航天&防卫和工业市场得到部署应用。



万向调节系统可以用在广泛的应用领域，包括:

- 通讯雷达
- 内部航行测试&校准
- 探索器
- 目标追踪
- 天线
- 激光雷达
- 望远镜



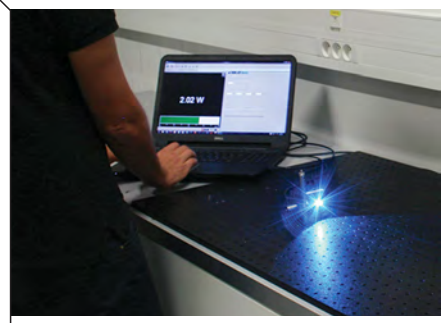




如您想详细了解我们广泛提供的标准和定制万向调节系统，请访问我们的网站，同时也可以下载Newport万向调节系统手册
www.newport.com / resourceListing / literature
或者联系 Newport 应用工程团队 asiatech@newport.com

mks

Newport®



12 封面故事

光纤激光器

可见光光纤激光器实现红光、绿光及蓝光输出

倍频、频率组合和拉曼频移使得近红外光纤激光器能够产生可见光，可用于科学和工业领域。

8 市场风向标



市场发展导向下PCB激光切割机厂商何去何从

在国内外大型企业主导PCB激光切割技术和应用市场的情况下，中小型PCB激光切割机厂商该如何获得生长空间呢？

16 应用天地



激光焊接

长脉冲绿光激光焊接技术分析及应用

本文对绿光激光焊接工艺进行了研究，并与传统近红外激光焊进行对比。在焊接紫铜时，绿光激光焊点一致性良好、表面光滑美观、无飞溅。

22 激光打标与焊接

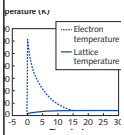


聚合物的光纤激光打标与焊接开创新应用

脉冲紫外光纤激光器、2μm连续波掺铥光纤激光器，分别在聚合物打标和聚合物焊接中获得广泛应用。

技术中心

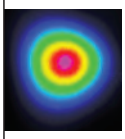
26 超快加工



整形飞秒激光脉冲改善超快微加工质量

整形飞秒激光脉冲能够改善超快微制造工艺的质量，改善制造精度、质量、产量和重复性，并能有效地控制微米/纳米级结构。

27 如何选择激光器



如何为显微镜应用选择合适的激光器

在选定光学显微照明系统时，除了激光的波长和输出功率这些明显的关键参数外，还需要考虑很多其他因素。

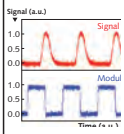
30 激光雷达



原型样机仿真加速固态激光雷达进入市场

Zemax原型样机仿真是创建完整激光雷达系统原型样机、而不仅仅是光学或者机械元件的唯一解决方案。在生产物理原型之前，工程师团队可以在完整的光机产品上模拟光学性能。

34 激光驱动器



使用激光二极管还是量子级联激光器？不要忘记电子器件

用于激光二极管的驱动电子器件与用于量子级联激光器的不同，但两种情况都需要窄线宽、稳定的中心波长和可重复扫描。

访谈

38 行业领先背后 彰显工匠精神

——记2018年藤仓-凌云第三届光纤激光与传感应用技术交流会

藤仓-凌云联合举办藤仓特种光纤熔接机技术与应用交流会，为用户提供交流学习平台。

商业论坛

40 如何在光子学行业找到合适的工作？

光子学行业资深人士为求职者找到好工作给出建议：未来职业的发展是需要长期考虑的重要因素，对于企业的评估，要回归本源，理解核心价值，并以此规范其行为。

6 编者的话

9 前沿简讯

42 产品特写

44 产品撷英

48 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



领先与创新

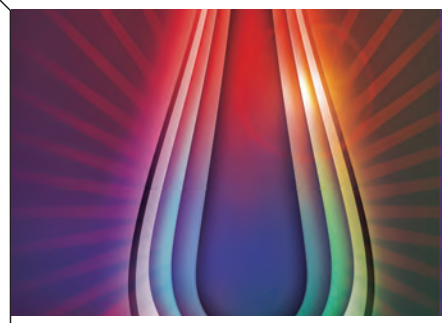
引领微电子加工新应用

从激光源到整套激光系统，相干能为生产制造先进的微电子设备提供各种精密加工技术。 从晶圆到IC封装，从柔性电路到显示屏制造 – 我们的解决方案都能实现优异可靠的加工工艺并大大提高生产效率。

获取更多信息 – coherent.com/microelectronics

COHERENT®

Superior Reliability & Performance



12 COVER STORY

Fiber Lasers

Visible fiber lasers do red, green, and now bluish

Frequency doubling, frequency combining, and Raman shifting allow near-IR fiber lasers to produce visible light for science and industry.

MARKET WATCH

8 **Where does the PCB laser cutting machine manufacturer go in the market?**



Under the circumstance that large enterprises at home and abroad dominate the market of PCB laser cutting technologies and applications, how can small and medium-sized PCB laser cutting machine manufacturers obtain growth space?

16 APPLICATIONS



Laser welding

Analysis and application of long pulse green laser welding technology

The green laser welding technology is studied and compared with the traditional IR laser welding. Using green laser could achieve consistent welding spots, smooth appearance and no splash in welding the red copper.

22 Laser Marking & Welding

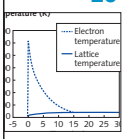


Fiber laser marking and welding of polymers finds new applications

Pulsed ultraviolet fiber laser and 2μm CW Tb-doped fiber laser are widely used in polymer marking and welding respectively.

TECHNOLOGIES CENTER

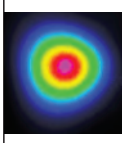
26 Ultrafast processing



Shaped femtosecond laser pulses improve ultrafast-micromachining quality

Shaped femtosecond laser pulses could help to improve the quality of the microfabrication process, and improve fabrication precision, quality, throughput, and repeatability and effectively control micro/nanoscale structures.

27 How to Choose a Laser



How to choose a laser for microscopy

While laser wavelength and power are obvious critical parameters, there are numerous other factors to consider when specifying an optical microscope illumination system.

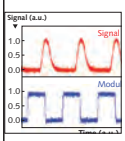
30 Lidar



Virtual prototypes speed time to market for solid-state lidar

Zemax Virtual Prototyping is the only solution to create a working virtual prototype of the entire lidar system, not just the optical or mechanical components alone. Engineering teams can simulate optical performance on the entire optomechanical product before creating a physical prototype.

34 Laser Drivers



Using a laser diode or quantum-cascade laser? Don't forget the electronics

Drive electronics for laser diodes are different than for quantum-cascade lasers, but in both cases narrow linewidths, a stable center wavelength, and repeatable scans are desired.

INTERVIEWS

38 **Keeping the leading edge in the industry shows the spirit of craftsman**

——Report for 2018 3th Fujikura-LUSTER fiber laser and sensor application workshop

Fujikura - LUSTER jointly held Fujikura special fiber fusion splicer technologies and applications workshop to provide users an opportunity to learn and interact.

BUSINESS FORUM

40 **Looking for a job in photonics? Metrics help evaluate potential employers**

The most critical consideration for the long term is opportunity for career growth. For business evaluation, fall back on understanding the core values, which are the principles that guide its behavior.

6 EDITOR'S NOTES

9 LEADING EDGE SNAPSHOTS

42 FEATURED PRODUCT

44 PRODUCTS HIGHLIGHTS

48 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.

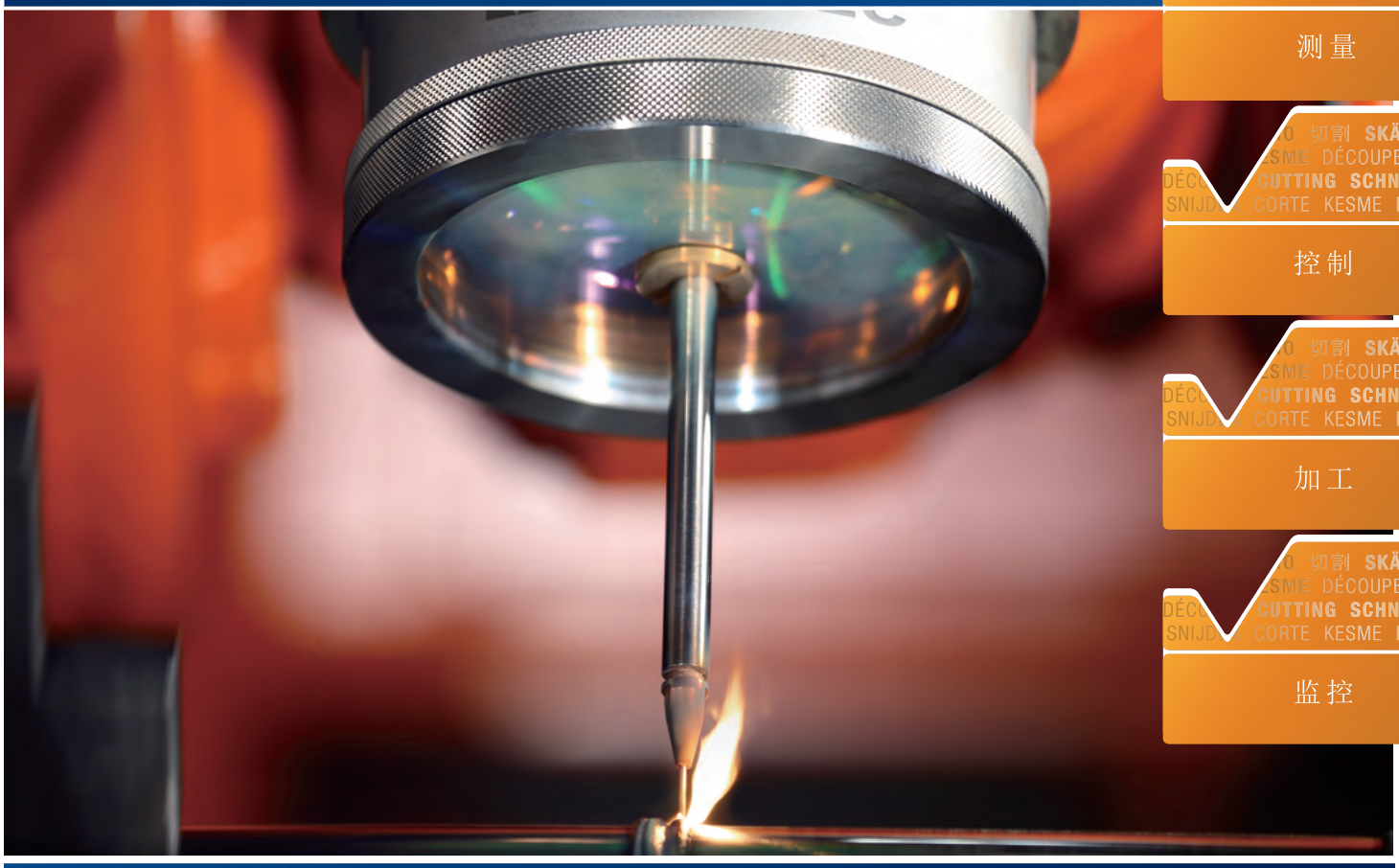
PRECITEC

LÖSNING SOLUÇÃO **OPLOSSING** SOLUCIÓN ÇÖZÜM **SOLUTION** **LÖSUNG** РЕШЕНИЕ SOLUZIONE
UÇÃO LÖSUNG РЕШЕНИЕ SOLUZIONE 解决方案 LÖSNING SOLUÇÃO **SOLUCIÓN** ÇÖZÜM **SOLU**
ÜM SOLUTION **LÖSUNG** **РЕШЕНИЕ** **SOLUZIONE** **OPLOSSING** **ÇÖZÜM** 해결방안 SOLUTION **SOL**

多向激光同轴送丝熔覆头COAXPRINTER全新上市

欢迎莅临普雷茨特中国工博会展台：

1H-A266,2018年9月19日-23日



测量

控制

加工

监控

买配件上天猫

普雷茨特天猫旗舰店火热促销中

www.precitec.cn

激光世界
LaserFocusWorld® China

中国/香港特别行政区 China / Hong Kong SAR
电话 (852) 2838 6298
传真 (852) 2838 2766
地址 香港九龙长沙湾青山道478号
百欣大厦13楼B室
出版总监 麦协林 Adonis Mak
电邮 adonism@actintl.com.hk
社长及副总裁 麦协和 Mark Mak
电邮 markm@actintl.com.hk
中国区总经理 徐旭升 Michael Tsui
电邮 michaelt@actintl.com.hk
中国版主编 庞会荣 Rossie Pang
电邮 rossiep@actintl.com.hk
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 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
© 2018 版权所有 翻印必究

Editor's Notes 编者寄语

光纤激光器的舞台越来越宽广

上个世纪 90 年代末通讯泡沫的破裂，促使了光纤激光器这个物种开始发展壮大。光纤激光器技术领域的持续发展创新，使其实现了越来越多的波长，应用也随之越来越广。

光纤激光器的基频波长通常处于人眼不可见的红外波段，通过倍频、拉曼频移、混频等频率转换方法，光纤激光器获得了可见光波段的输出，从红光到绿光、蓝光，其中包括一些较难实现的波长，如 607nm、488nm (p12)。

在可见光波段中，处于绿光波段的激光材料加工备受关注，特别是加工电子产品中广泛使用的玻璃、蓝宝石等非金属材料和一些高反射的金属材料，比如铜就对绿激光有着接近 40% 的吸收率。最近，大族激光在倍频技术领域取得突破，完全自主研发出了长脉冲、高峰值功率的绿光激光器，实现了铜、铝等高反材料的高质量点焊，并探讨了功率、脉宽对焊缝表面成形、焊缝截面特征的影响规律，以及焊缝缺陷产生的原因和解决方法 (p16)。

在波长更短的紫外波段和更长的红外波段，光纤激光器也在不断拓展着自己的应用舞台。波长 355nm 的紫外激光器，已经通过光化学打标工艺而非传统的被称为碳化的热化学激光打标工艺，在医疗领域常用的多种聚合物上实现了清洁的高质量打标。波长更长的 2μm 红外光纤激光器，也实现了各种聚合物的高质量焊接应用 (p22)。

光纤激光器技术的发展和应用的拓展，促进这个市场愈加繁荣，国内新兴的光纤激光器厂商不断涌现。据统计，目前国产品牌的光纤激光器已经主导了国内中小功率市场。上半年锐科激光上市后股价的一路飙升，也显露出市场对光纤激光器的信心。

光纤激光器市场的火热发展，也带动了其产业链上其他相关产品的市场需求，其中光纤熔接机就是一种必不可少的工具。在最近藤仓 - 凌云联合举办的一场特种光纤熔接机交流会上，两家公司的高管均表示，光纤激光器已经是目前特种光纤熔接机市场增长的最大推手 (p38)。

激光的应用几乎无处不在，不同种类的激光源的性能各不相同，如何为特定的应用选择合适的激光器，是在应用中需要首先解决的问题。相干公司的两位专家详细介绍了在为显微镜选择照明系统时，需要考虑激光器的哪些重要参数 (p27)。

此外，本期内容中，还包括中小型 PCB 激光切割机厂商的生存之道 (p8)、固态激光雷达系统的光学设计 (p30)、电子驱动器件在半导体激光器中的重要性 (p34) 以及从业者如何找到自己心仪的工作 (p40) 等信息，希望对读者有用。❑

本刊编辑部

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。

欢迎参观 2018 CIOE 展会并莅临我们的展位
2018.09.05-08，展位号：**9G08**

联系我们：021-62713200，china@zemax.com

扫描右侧二维码，关注后回复“**Zemax原型样机仿真白皮书**”，了解更多详情。

市场发展导向下 PCB 激光切割机厂商何去何从？



文/元禄光电

在科技市场化高速发展的今天，唯有符合市场发展导向的企业才能走得更远，发展得更好，然而事实上想要做到着实不易。

纵观国内外 PCB 激光切割、分板机厂商不难发现：国外大公司的技术优势在主导技术应用市场的发展；国内大型企业深入知名 PCB 厂深入探讨，共同开发新型行业应用，进而推进 PCB 激光切割市场。由此可见，大的市场发展导向仍在技术型企业和大型企业手中，那么中小型 PCB 激光切割、分板机厂商家，又该如何获得生长空间呢?

实际上，通过与国外技术型厂家和大型厂家合作，PCB 厂商可以学习到两点重要信息。

第一，国外 PCB 激光切割、分板技术的应用主要是哪些方面？其技术核心在哪里？国内厂商首先可以去模仿，模仿其优势，模仿其技术，从中学习获得经验积累，达到一定程度后就可以在模仿的基础上进行创新，实现国产自主化技术的突破。胡适先生曾说，“凡富于创造性的人必敏于模仿，凡不善于模仿的人，决不能创造。”创造，可以说是模仿到十足时的一点点新花样。

第二，应用方向，一方面是学习进口设备的应用领域，定向开发其领域的应用产品；另一方面跟进国内大厂和知名 PCB 厂家合作的技术、产品领域，对其进行学习。就好比当年的苹果手机一样，苹果用 OLED 屏、用曲面屏，其他厂家如华为、OPPO、小米、VIVO 等纷纷跟进学习；而现在，OPPO、VIVO、小米纷纷推出了自己的旗舰产品，不再跟随苹果，而是自己去主导市场。这也从一个侧面说明了模仿是创造的开始，是进步的必经之路。

同样，作为 PCB 激光切割、分板机厂商也可以学习这种思路，学习别人的技术，学习别人的应用方向，学习别人的解决方案导入到其他市场，服务其他中小企业，慢慢实现向大厂服务的转型，并逐渐实现自主定义市场导向。

未来的激光技术市场将是一个标准的行业市场，谁拥有市场主导权，就会拥有制定行业标准的权利，未来行业服务专利费将是一个重要的产业支点。这就像每年国产手机都要向微软、高通等企业缴纳专利费一样，未来激光市场上也会呈现出专业技术转让的企业。

那么现阶段 PCB 激光分板机厂商又该何去何从？中小企业面临的问题是资金短缺，缺乏市场知名度，技术储备不足，这时需要在市场上有明确的目标、稳定的市场领域去拓展，需要做到以下几点：

第一，市场价格透明化。中小型企业若要一味以低价策略去赢得市场，无异于饮鸩止渴，这会导致整个行业形成恶性循环。同样也不要暗箱操作，让那些不了解激光行业的客户蒙受损失。要做到不偏不倚，价格公正，将心思放在提升产品质量上。

第二，产品质量和服务质量。产品质量是个老大难的问题，不是说中小企业做不好质量，而是为了卖出去产品降低价格，降低价格就要降低成本，明明有性能稳定、精度高的元器件可选，但为了降低成本不得不换成性能相对差的元器件。这样，客户买进之后就会觉得中小型厂商不可靠，当然这里也有客户压价的因素存在。

服务质量在于响应速度，超大型 PCB 厂家如臻鼎，大型厂家卖进去设备就会有稳定的售后团队长期驻场维护，一些国外的厂家每年都会对 PCB 厂家额外收取高额的服务费，特别是在 PCB 激光钻孔机上，因而这也是国产厂商的机会，我们要抓住地域优势提高服务质量。

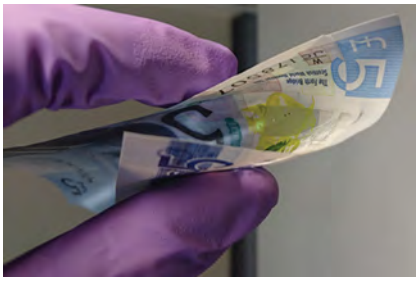
第三，市场方向。每个厂商都应该有自己明确的发展方向，有重点突破的领域。大型企业跟进自身实力可以多元化发展；而中小型企业需要有一个明确的目标，做好一个市场后，可以再去拓展，形成良性循环。

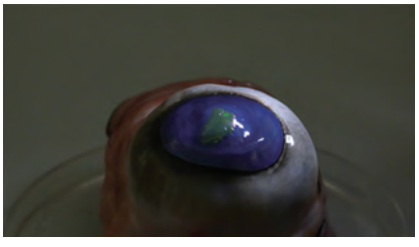
当今的 PCB 激光切割、分板机市场，竞争激烈，弱肉强食的市场规则考验的不仅仅是老板，还包括每个员工，员工要做好分内工作，不浑水摸鱼。如何将员工拧成一股绳，也是值得每个中小企业去认真思考并解决的问题。❑

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

超薄有机 DFB 薄膜激光器实现可弯曲安全标签

迄今为止，大多数有机半导体激光器仍然需要坚硬的衬底，并且相对较厚（＞ 100μm）。最近苏格兰圣安德鲁斯大学的研究人员已经研制出了一种标称厚度为 200nm 的全溶液处理的聚合物分布反馈（DFB）薄膜激光器，当用另一个激光源照射时，该薄膜激光器能够很容易地发射激光，产生定义良好的波长，并可以通过沉积配方实现调制。





该薄膜激光器具备一个坚硬的玻璃基板，其上是一个基于溶液沉积的牺牲性水溶性聚合物层，随后是紫外（UV）固化的印刷抗蚀剂，其限定 DFB 谐振器腔和有机半导体聚合物增益材料。

接下来，这种激光器结构在水浴浸泡过程中升起，产生具有改进的光限制的柔性聚合物薄膜激光器，因为用空气代替了典型的玻璃基板。用具有 5ns 脉冲宽度的 450nm 激光照射该薄膜激光器，产生 540nm 和 133pm 线宽全宽半高值（FWHM）的激光，光束发散度约为 2.6°。

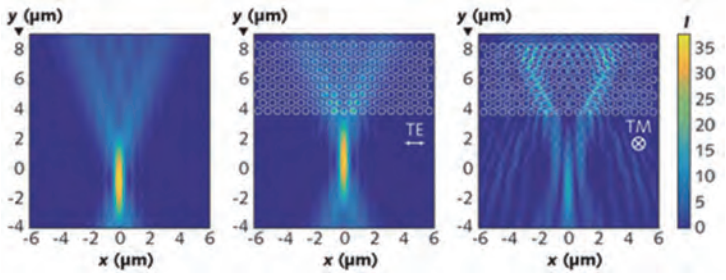
该激光输出强度足以用肉眼在距离显示屏幕一米远的地方清晰地看到。该柔性薄膜激光器可用于纸币防伪和牛眼（模拟人眼）等应用中。它们表现出了足够的稳定性（无封装），可用作牢固、灵活的安全代码。❑

参考文献：M. Karl et al., Nat. Commun., 9, 1525 (2018)。

选择性透明实现光子晶体光纤逐点光栅写入

人们普遍认为，只有在波长远大于晶体的晶格间距时，光子晶体才显示出透明性（没有散射或衍射地传输光的能力）。最近，比利时布鲁塞尔大学的研究人员反驳了这种认知，根据他们的报道，即使在光子晶体的晶格间距与自由空间波长相当的情况下，光子晶体也可以是透明的（对于 TE 偏振光）。

布鲁塞尔大学的研究人员与比利时蒙斯大学和德国莱布尼茨光子技术研究所的同事们一起，利用这种现象设计和制造了一种具有多孔包层区的光子晶体光纤（PCF），其在红外（IR）波段是透明的。该 PCF 的微结构包层中不存在衍射和散射，使得 IR 飞秒激光脉冲能够紧密聚焦到光纤的纤芯中，并且首次能够通过飞秒激光逐点微机械加工，在多环六角晶格光子晶体光纤中，刻出光纤布拉格光栅。



这一发现，允许通过改进制造工艺和 / 或降低光子晶体的工作波长来放大光子晶体，这使得光子晶体能在比先前认为可能的更短的波长下，用于光学隐身与梯度折射率导引方面的应用。❑

参考文献：T. Baghdasaryan et al., Nature Sci. Rep., 8, 5470 (Apr. 3, 2018)。

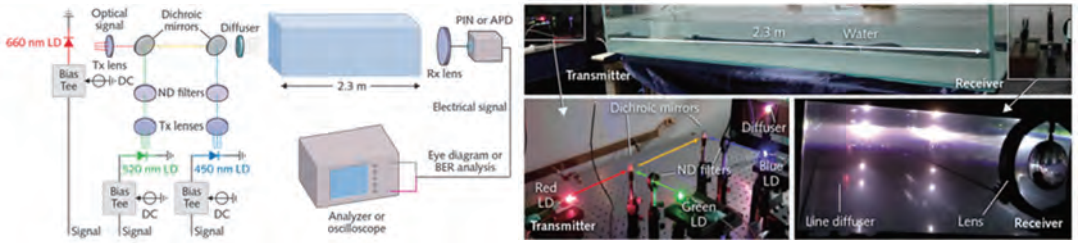
RGB 白光激光源服务于水下通信与照明

目前，使用蓝色或蓝绿色激光器或 LED 的水下光通信，被认为是实现高带宽和高数据传输速率的最佳方式。使用单个激光二极管的最新无线系统，可以在长达 34.5m 的距离内实现 2.7Gbit/s 的传输速率。

最近，复旦大学和多伦多大学的研究人员已经演示了红/绿/蓝(RGB)激光二极管系统。对于单个激光二极管，其传输速率高达 3.4Gbit/s，传输距离可达 2.3m；对于基于 RGB 激光二极管的波分复用（WDM）系统，使用开关键控（OOOK）调制方案能实现 9.7Gbit/s 的传输速率。此外，多路复用配置还提供了 RGB 白光水下照明能力，这是单个激光二极管系统所无法实现的。

利用波分复用技术，水下通信和水下固态照明都可以覆盖一系列的海底勘探应用。实验使用商业化的氮化镓（GaN）基 450nm（蓝光）和 520nm（绿光）激光二极管，以及一个标准封装的铝镓铟磷（AlGaInP）660nm（红光）激光二极管，使用 Peltier 热电冷却器稳定到约 25℃。除了显示出较高的通信速率外，还使用中性密度滤波器和扩散器来平衡激光二极管的颜色输出，以便与通信信道同时产生高质量白光，并具有不错的 CIE 颜色值和高达 7084lux 的照明强度。□

参 考 文 献：X. Liu et al., Opt. Express, 26, 15, 19259–19274 (2018)。



荧光成像法可在一小时内检测结核感染

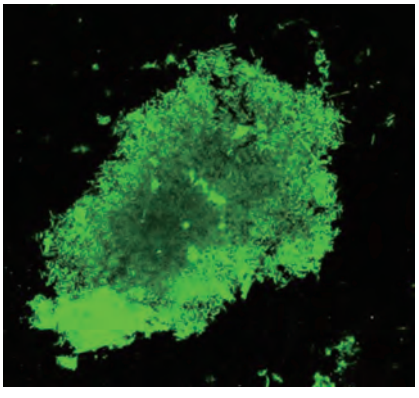
斯坦福大学医学院的一个研究小组已经研制出一种两片式荧光探针，当它与痰中的结核菌（TB）接触时会被激活。该技术可以在一小时内诊断活性肺结核，并帮助监测治疗效果。

斯坦福大学医学院放射学教授饶江红博士（音译）说，目前的结核病诊断方法可能需要长达两个月的时间来完成，这段时间里，受感染者可以广泛传播疾病。更快的诊断可以降低感染率。此外，新方法更便宜，更容易实施，医疗保健者一天就能学会使用。

为了诊断结核病，临床医生需要采集痰样，在实验室中培养，并等待细菌生长到可检测的水平。这需要专门的设施，而许多医院并不具备这样的检测条件。相比之下，新的成像技术使用传统的荧光显微镜，几乎所有医院都有这种显微镜，使用起来不需要特别的培训。唯一需要的就是病人的痰液样本，拿到显微镜下分析即可。

该方法利用了新近发明的两片式荧光探针，该探针在检测痰样的过程中，与结核菌接触时会被激活。它可以快速检测出活性结核，并发出指示性的荧光。这种荧光使科学家不仅能够看到棒状细菌本身，还能够追踪它们在感染细胞中的分布。

“对于药物敏感结核病例，治疗成功率至少为 85%，但对于多药耐药结核，成功率仅为 54%，这需要更长的治疗和更昂贵、毒性更大的药物。”饶江红博士说：“荧光探针可以通过显示患者样本中哪些细菌仍然活着来帮助确定合适的药物：那些活着的细菌发出绿光，而那些死去的细菌（或不同种类的细菌）则显得较暗。”



这项技术可以帮助科学家开发新的结核病药物，找出哪种药物对每种特定菌株最有效。现在，饶江红博士和他的同事们正计划测试这个探测器，并努力获得美国 FDA 的批准。❑

II-VI

MWCS METALWORKING AND CNC MACHINE TOOL SHOW

数控机床与金属加工展

国家会展中心（上海虹桥）

2018年9月19-23日

欢迎光临 II-VI 展位 **1H-A008**

光纤激光镜片





10KW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

电话：+86-512-6761-9295　传真：+86-512-6767-1207

电邮：infosz@ii-vi.com.cn　网址：www.ii-vi.com

地址：江苏省苏州市工业园区星汉街5号1幢407室

光纤激光器

可见光光纤激光器实现红光、绿光及蓝光输出

倍频、频率组合和拉曼频移使得近红外光纤激光器能够产生可见光，可用于科学和工业领域。

文/John Wallace

在过去十年中，可见波长光纤激光器（通常称为可见光光纤激光器）已经在商用激光领域建立了自己的位置。但什么是可见光光纤激光器？这是一个有趣的问题，因为市场上实际上没有从激光光纤本身产生可见激光的光纤激光器。

然而，可以通过像拉曼频移、倍频、混频，或这些方法的组合等外部频率转换方法，可以从近红外（NIR）输出的光纤激光器获得可见光。本文所说的可见光光纤激光器，指的就是这类通过频率转换方法获得可见光的光纤激光器。请注意，直接二极管激光器是将激光二极管的光耦合到非增益光纤，不属于这个定义范畴。

可见光光纤激光器具有连续（CW）和脉冲两种形式，输出范围从低功率到百瓦甚至更高，可应用于从科学、工业（特别是材料加工）到普通激光使用等各种用途。

科学与医用激光器

可见光光纤激光技术的起源与生产这些设备的公司一样多种多样。例如，加拿大 MPB Communications 公司（MPBC）为光纤通信行业提供拉曼放大子系统。2001 年，当通讯泡沫破裂时，MPBC 寻求实现市场多元化。据可见光纤激光器业务发展部门的 Claudette Linton 的介绍，凭借该公司的拉曼技术储备，进军光纤激光器领域是一条自然而然的道路。

“通过再次生产 MPBC 公司的通讯拉曼光纤激光器，但目前使用保偏光纤和元件，MPBC 公司能够通过单程周期极化铌酸锂（PPLN）二次谐波产生器，将光纤激光器的基频波长倍频到可见光，”Linton 说。“利用这种直接倍频方法，光纤激光器出色的光束特性不会受到影响。”

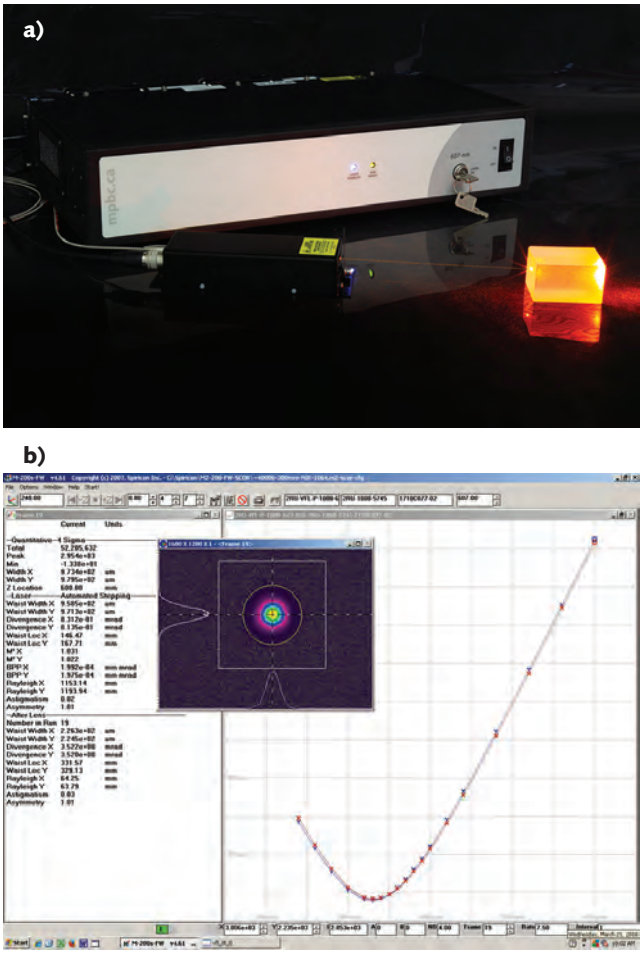


图1：利用这款高功率的607nm可见光光纤激光器激发荧光蛋白mCardinal（a）；激光的光束轮廓表明M^2<1.04，且几乎没有像散（b）。

Linton 介绍说，MPBC 公司于 2006 年在 SPIE Photonics West 上推出了首款波长为 560nm 的可见光光纤激光器。美国国立卫生研究院国家癌症研究所的 William

Telford 很快将该激光器用于流式细胞仪应用。Linton 补充说，凭借 MPBC 公司的内部光纤布拉格光栅装置，该公司能够快速调整配方以产生新的波长，进而满足特定需求。MPBC 公司目前生产 26 种从 488nm 到 775nm 的商品化波长，功率范围从 0.2W 到 5W，具体取决于应用需求。

Linton 表示，MPBC 公司的激光器现已经集成到包括受激发射损耗（STED）、门控 STED、随机光学重建显微镜（STORM）、激光片层扫描等在内的商业化超分辨显微系统、流式细胞术以及 DNA 测序平台中。到目前为止，DNA 测序平台已经累计运行时间超过 50000 小时，充分展示了光纤激光技术的可靠性。

该公司已经与很多科研人员合作，包括阿尔伯特爱因斯坦医学院解剖学和结构生物学系的 Vladislav Verkhusha，诺贝尔奖获得者、马普研究所的 Stefan Hell，以及诺贝尔奖获得者、霍华德休斯医学研究所（HHMI）的 Eric Betzig。这些研究人员需求的波长通常难以实现，和 / 或利用二极管技术进行功率扩展。例如，2017 年 Betzig 要求为新的激光片层扫描显微平台提供波长 607nm、功率 1W 的激光。二极管泵浦固态（DPSS）激光器无法达到该应用所需的功率水平，高功率光泵浦半导体激光器（OPSL）无法提供该应用所需的光束质量。Linton 表示，MPBC 公司在很短的时间内设计、测试并开始出货一款波长 607nm、输出功率 >1W、光束质量 M^2<1.1 的光纤激光器（见图 1）。

Betzig 需要 607nm 波长最优地激发明亮且光稳定的荧光蛋白 mCardinal，它与橙红色荧光蛋白（例如 mApple 或 tdTomato）在光谱上充分分离，使得双色成像（橙红色和深红色）在光毒性较小的红光波长成为一种选择，或者包含绿色荧光蛋白的三色成像也是一种选择。该激光器目前正在 HHMI 进行测试，并且已经提供给 HHMI 的合作者。

MPBC 公司正在扩大其可见光光纤激光器产品线，包括用于原子冷却、全息和导星激光器领域的高功率单频光纤激光器和单频拉曼光纤放大器，以及用于 STED 的高功率亚纳秒脉冲可见光光纤激光器。“我们刚开始研究可见光光纤激光器时，超分辨显微技术还是一项新的技术，”MPBC 总裁 Jane Bachynski 说，“现在每家主流显微镜公司都有自己的超分辨平台，这归功于可见光光纤激光器的性能。”

表1：EVERESTNANO AP-515绿光脉冲激光器性能

参数	规格
运行模式	脉冲
工作波长	515 nm（绿光）
平均功率	10W, 20W, 30W, 50W
脉冲宽度	5ns
脉冲能量	100μJ
光束质量M^2	<1.2
输出功率稳定性	±5%以内
输出	准直输出光束

顶尖 PINNACLE
Your Strategic Partner in Photonics

自相关仪：

- 自动晶体调谐和增益调整，简化设置
- 高延迟分辨率[<1 fs]
- 自动Gaussian，Sech2和Lorentzian拟合程序
- 高速实时测量
- NIST可溯源校准
- 标准软件接口（使用TCP / IP）
- 低重频系统的触发输入
- 可集成FROG功能测量相位



德国APE公司的自相关仪是世界上最具有竞争力的产品，PulseCheck是适用性最广的自相关仪，它波长选择最广，涵盖从260nm到2600nm的范围，且能测任意低的重复频率，能测从10fs到300ps的任意超短脉冲宽度。

欲了解更多信息，请关注我们：
(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（中国）股份有限公司
Pinnacle Scientific Pty Ltd
+86-571-88225151 I sales@psci.cn I www.psci.cn

特种光纤将可见波长拓展到蓝光波段

法国 Azurlight Systems 公司销售和营销总监 Pierre Laygue 说，他们通过对基频的红外光纤激光器进行倍频，设计并制造了可见波长光纤激光器。该公司已经开发出特定的特种光纤，将镱（Yb）增益带宽扩展到短至976nm（传统的下限为 1030nm）。这使得该公司能够开辟在蓝光光谱区域的可见波长（见图 2）。

“频率转换发生在特定的晶体和单程架构中，通过优化的晶体长度和技术与 IR 波长和功率相匹配，实现转换效率最大化。”Laygue 说，“单程架构可以保护红外光的所有主要特性（强大的单频运行，接近散粒噪声的强度噪声，完美的模式质量和极佳的指向稳定性）。”

Azurlight 公司的高功率（波长为 488nm 时功率为 2W，波长为 515nm 或 532nm 时功率为 10W）可见波长光纤激光器的主要应用包括替代氩离子（Ar^+）激光器、激光多普勒测速（LDV）、全息、干涉测量、超分辨显微，以及光参量振荡器（OPO）和固态激光器的泵浦。

“众所周知，用于 488nm Ar^+ 线（青蓝色）的固态替代技术开发非常困难，主要是因为难以利用 $Yb3^+$ 离子在 976nm 处的三能级跃迁，”Laygue 说。他指出，基于该公司特种光纤的光纤激光器（波长 976nm、功率 10W）是 488nm 光纤激光器的基础。“其结果是产品在 488nm 处具有最高的可用功率，模式质量和指向稳定性大大优于 Ar^+ 激光器。”他说，“该光源的目标市场是取代 Ar^+ 激光器，能够减少经常且昂贵的翻新，不需要实验室的水冷，并能改善指向稳定性和输出功率稳定性等光束特性。”

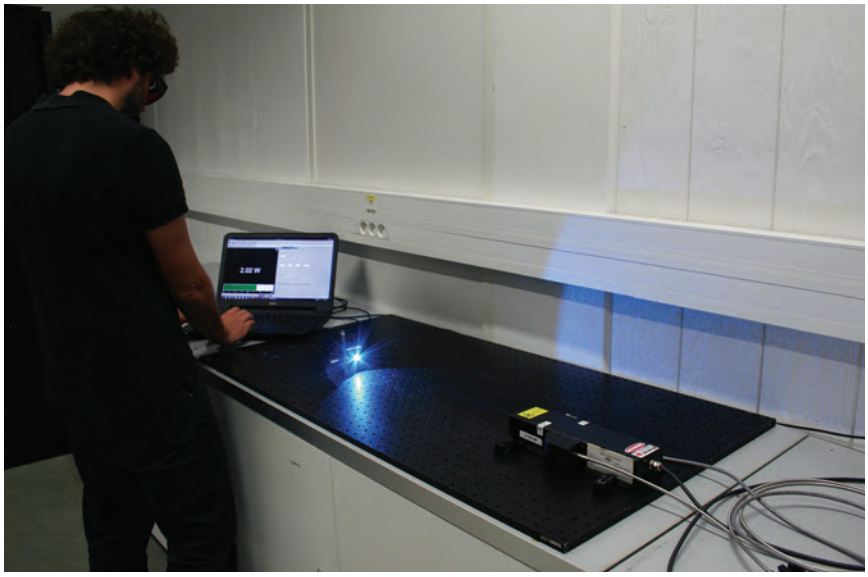


图2：该蓝光（488nm）光纤激光器用作氩离子激光器的替代品；其短的倍频波长是通过在基频红外光纤激光器中使用特种光纤实现的，该光纤将镱（Yb）增益带宽扩展到短至976nm。

例如，设计 LDV 系统的公司将激光重新耦合进入光纤，该光纤将光束传递到接近实验体积。氩离子激光束指向本质上不稳定，这些公司不得不经常一天重新调整定位几次。“使用我们的 488nm 光纤激光器，指向稳定性非常好，耦合系统可以保持几个月不受影响，”Laygue 说。

用于材料加工的脉冲绿光激光器

光纤激光器通常与材料加工有很深的联系，这也适用于可见光光纤激光器。除红外光纤激光器外，美国 AdValue Photonics 公司还生产一系列绿光脉冲光纤激光器，以高平均功率发射纳秒（EVERESTnano Green）或皮秒（EVERESTpico Green）脉冲，用于材料加工。纳秒和皮秒脉冲激光器的发射波长均为 515nm，基于 1030nm 主振荡器功率放大器（MOPA）脉冲光纤激光器在自由空间几何结构中倍频，产生绿光波长。

例如，纳秒脉冲激光器产生脉宽 5ns、能量为 100μJ 的脉冲，脉冲重复频率为 100kHz、200kHz、300kHz 或 500kHz 时，平均功率分别为 10W、20W、30W 或 50W（见表 1）。皮秒激光器产生的脉宽为 50ps，平均功率为 10W、15W、20W 或 30W。两种激光器均为水冷，可选配冷却器。

根据 AdValue Photonics 公司营销和销售总监 Katherine Liu 的说法，这些绿光激光器的目标应用包括钻孔、切割、烧蚀和划线，目标材料包括（但不限于）玻璃、蓝宝石、陶瓷、硅、印刷电路板（PCB）、金属、复合材料和聚合物。

对于加工在可见光区域吸收比 IR 区域吸收大的材料，可见光光纤激光器具有优势。一些金属，例如铜和金，在绿光下的吸收率比在基频 IR 波长下高几倍。特别是广泛用于电子产品中的铜。

“AdValue Photonics 公司的激光技术，使得具有高脉冲能量和短脉冲宽度、以及不同脉冲重复频率下脉冲能量和脉冲宽度恒定的光纤脉冲绿光

激光器成为可能。”Katherine Liu 说，“此外，该技术能够获得非常高的兆赫兹脉冲重复频率。”

Katherine Liu 提到该技术的一个应用实例是玻璃钻孔和切割。“高重复频率纳秒绿光光纤激光器，满足了对高质量和高效率透明材料加工日益增长的需求。”她解释道，“激光钻孔、切割、划线和打标等激光加工技术广泛应用于各种应用领域。例如，通过使用激光穿孔钻孔工艺，实现了切削尺寸低至 50μm 的零锥度孔加工；对于厚度为 0.5mm 的晶片，实现等效切割速度高达 22mm/s。通过非接触加工，可以对从钠钙到石英玻璃等各种透明材料进行选择性和数字化加工。”

可见光光纤激光器举例

可见光光纤激光器是许多光纤激光器制造商产品线的一部分。完整的公司和产品列表超出了本文的范围，但下面举一些示例。

法国 Eolite Systems 公司生产的绿光脉冲光纤激光器是其 PyroFlex 系列的一部分，该激光器用于材料加工，具有任意脉冲整形的独特能力，能够精确控制脉冲形状和复杂脉冲序列，分辨率达 1ns。该激光器的最大平均功率为 10W，最大脉冲能量为 100μJ，光束质量 M^2<1.3。

美国 IPG Photonics 公司生产各种可见光光纤激光器，包括输出功率从 0.5W 到 100W 的绿光连续光纤激光器，以及波长范围从 515nm 到 603nm、输出功率从 1.5W 到 15W 的可见光连续拉曼光纤激光器。该公司还生产用于激光影院的灯具激光系统（RGB-6P/3P），该系统将红光和绿光光纤激光器与直接二极管蓝光发射器（不是真正的可见光光纤激光器，是另一种非常有用的、基于可见光纤的光源）结合在一起。

美国 Optromix 公司拥有一系列可调谐光纤激光器，包括可在宽泛的绿光区域（515~562nm）内进行调谐的单模连续可见光光纤激光器。该公司可以根据用户的需求调谐激光器的线宽，包括 0.01nm、0.05nm、0.1nm 和 0.3nm。产品阵容包括输出范围从 100mW 到 6W 的各种型号，所有型号的光束质量 M^2 均优于 1.1。应用包括生物技术、光谱学和全息术。❑



激光光学

新款扩束镜提供最高精度和光束稳定性针对高功率 NIR 激光应用。共享卓越

Jenoptik的新款1X-8X高功率扩束镜，专门用于最高精度和产出的NIR以及UV应用。其独特的机械设计确保小于1mrad的光束稳定性，并结合高品质的融石英材质，低吸收的镀膜，以及洁净的组装工艺，使得kW级的应用成为可能，并提供最小的焦点漂移。

由于它可以允许最大9mm的输入光斑，
这款扩束镜适用于绝大多数高功率NIR激光加工系统。

CIOE 2018
Shenzhen, China
German Pavilion,
Hall 1, #1A16

www.jenoptik.com.cn/laseroptics

激光焊接

长脉冲绿光激光焊接技术分析及应用案例

文/大族激光精密焊接事业部

纯铜具有延展性好、热导率高、导电性能好、抗磁等优势，广泛应用于电缆电气、电子元器件中。在消费电子行业，紫铜焊接已成为一种较为常见的连接方式，例如，紫铜与紫铜、铝合金、不锈钢等材料的焊接。

目前铜薄片焊接主要采用近红外光纤激光器和 YAG 激光器，其激光波长为 1060~1070nm，紫铜对该波长的吸收率仅为 5%，因此焊接紫铜需要更高的激光能量密度，使得激光对金属的冲击与热变形较大，铜表面易产生大量飞溅，导致电子元器件中电流短路，影响产品外观，同时反射的激光极易损坏光纤。

相比于不锈钢，铜的表面张力和粘度很小，熔池形成极不稳定。而表面形貌、焊接角度、吸收波长受激光器的类型影响。研究表明，激光波长越短，紫铜对其吸收率越高。紫铜对波长 532nm 的绿激光的吸收率接近 40%，绿激光焊接紫铜的能量效率会提高很多。

绿光激光的产生方法有多种，理想状态下最直接的方法是利用稀土离子的能级跃迁产生绿光激光；但是大能量的绿光通常需要采用激光倍频技术，将近红外激光转换为绿光。

相比短脉冲和超短脉冲激光，长脉冲绿光激光的峰值功率低，难以获得高的倍频效率，因此在绿光激光器发展的较长一段时间内，国内外鲜有关于长脉冲绿光激光器的研究报道，其焊接应用研究也很少有相关文献报道。



图 1：大族激光自主研发的长脉冲绿光激光器 PG3。



图2：近红外单模光纤激光器SFP150。

大族激光攻克了倍频技术难点，完全自主研发的长脉冲绿光激光器，实现了铜、铝等高反材料的点焊。本文主要针对紫铜材料，探索了功率、脉宽对焊缝表面成形、焊缝截面特征的影响规律，并探讨了焊缝缺陷产生原因及其解决方法。

试验设备

本试验采用大族激光自主研发的长脉冲绿光激光器（PG3）和近红外单模光纤激光器（SFP150）进行紫铜焊接对比，图 1 为绿光激光器，该激光器使用芯径 200μm 的光纤输出，配备焦距 150mm 准直镜头和焦距 100mm 聚焦镜头，最小理论光斑可达 0.1mm。图 2 为单模光纤激光器，采用芯径 50μm 光纤输出，该款激光器光束质量高，可连续 / 脉冲焊接，脉冲峰值功率 1.5kW。绿光激光器波长 532nm，最大输出平均功率 3W，最大峰值功率 1kW，最大脉冲能量可达 3J。

试验材料及方法

试验材料为厚度 0.1mm、0.2mm、0.5mm 的紫铜和厚度 0.2mm 的纯铝。焊前用酒精清理材料表面，使用夹具夹紧材料，焊接过程无需使用保护气，具体试验方法如下：

（1）在 0.5mm 厚的紫铜上进行脉冲点焊，焊接接头如图 3（a）所示，

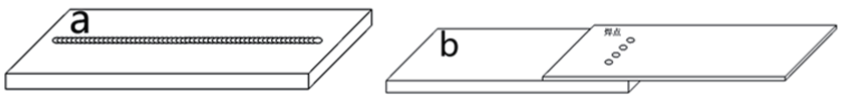
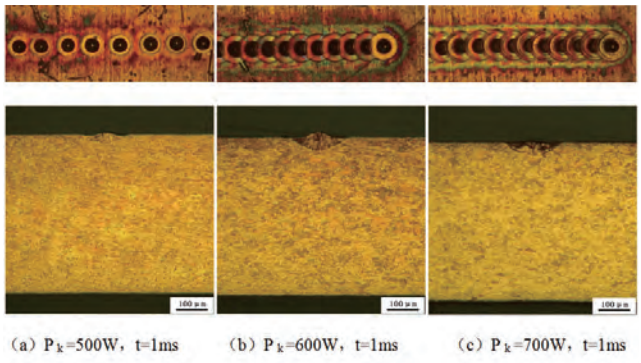
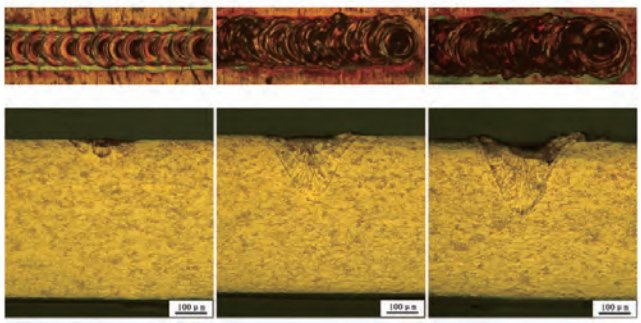


图3：焊接接头形式：（a）平焊；（b）搭接焊。



（a）P_k=500W，t=1ms　（b）P_k=600W，t=1ms　（c）P_k=700W，t=1ms



（d）P_k=800W，t=1ms　（e）P_k=900W，t=1ms　（f）P_k=1000W，t=1ms

图4：脉冲宽度1.0ms时，各激光峰值功率下的焊缝成型情况。

表1：激光峰值功率对焊缝成型的影响试验结果

序号	激光峰值功率 P_k/W	脉冲宽度 t=1.0 ms			脉冲宽度 t=2.0 ms		
		焊点直径/mm	熔深/mm	熔宽/mm	焊点直径/mm	熔深/mm	熔宽/mm
1	500	0.15	0.03	0.14	0.17	0.05	0.17
2	600	0.18	0.04	0.18	0.19	0.06	0.18
3	700	0.20	0.04	0.18	0.32（飞溅）	0.26	0.41
4	800	0.21	0.07	0.23	0.37（飞溅）	0.38	0.45
5	900	0.31	0.19	0.32	0.41（飞溅）	0.50	0.42
6	1000	0.38	0.24	0.37	——	——	——

研究激光峰值功率、脉冲宽度对焊缝成型的影响，观察焊缝截面成型并记录焊缝熔深熔宽。

（2）分别使用绿光激光器、近红外光纤激光器对紫铜、铝合金进行搭接焊试验。焊接接头如图 3（b）所示，搭接形式为：

① 0.1mmCu+0.1mmCu；

② 0.2mmCu+0.2mmCu；

③ 0.1mmCu+0.2mmAl。

焊后观察并记录焊缝表面成型。

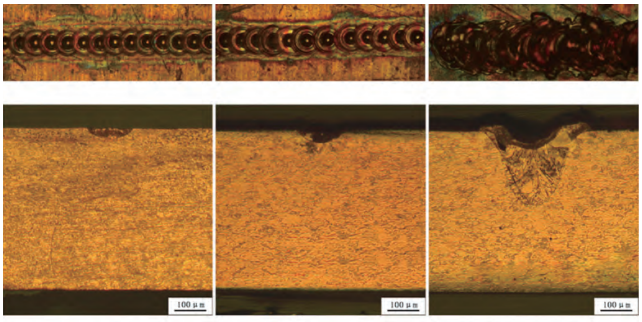
FISBA Innovators in Photonics

用于二极管激光器
精密准直和整形的
微光学器件

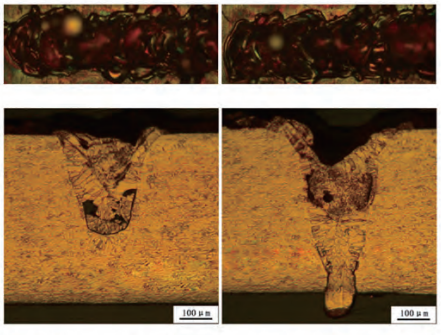


定制设计、原型开发和大批量生产，
确保产品能够快速上市。

www.fisba.com



（a）Pk=500W，t=2ms　（b）Pk=600W，t=2ms　（c）Pk=700W，t=2ms



（d）Pk=800W，t=2ms　（e）Pk=900W，t=2ms

图5：脉冲宽度2.0ms时，各激光峰值功率下的焊缝成型情况。

绿光激光焊接工艺

1、激光峰值功率对焊缝成型的影响

本试验研究激光峰值功率对焊缝成型的影响，输出波形为方波，激光峰值功率分别为500W、600W、700W、800W、900W、1000W，焊接速度0.3mm/s，脉冲频率1Hz，脉冲宽度1.0ms、2.0ms。试验结果如表1所示。图4、图5分别为脉冲宽度1.0ms、2.0ms时，各激光峰值功率下的焊缝成型图，图6为激光峰值功率对焊缝熔深、熔宽、焊点直径的影响。

从图4可知，在脉冲宽度为1.0ms的前提下，当激光峰值功率 $P_k \leq 800W$ 时，焊缝表面光滑、圆整、无飞溅，焊点大小一致，焊缝截面呈月牙形，焊接形式为热导焊；当激光峰值功率 $P_k > 800W$ 时，焊缝表面有少量飞溅，出现轻微塌陷，焊点圆度下降，焊缝截面呈V形，此时焊接形式为深熔焊。

同样地，从图5中可以看到，在脉冲宽度为2.0ms的前提下，当激光峰值功率 $P_k \leq 600W$ 时，焊缝表面光滑、圆整、无飞溅；而当激光峰值功率过高，焊接形式为深熔焊时，焊缝表面质量大为降低；且在激光峰值功率为800W、900W时，由于能量过高，表面金属飞溅出现下凹。焊缝热影响区极小，在熔合线附近，组织为较小的等轴晶；

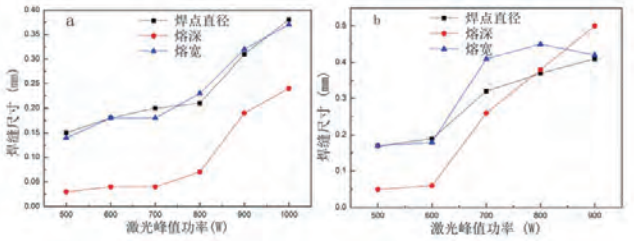


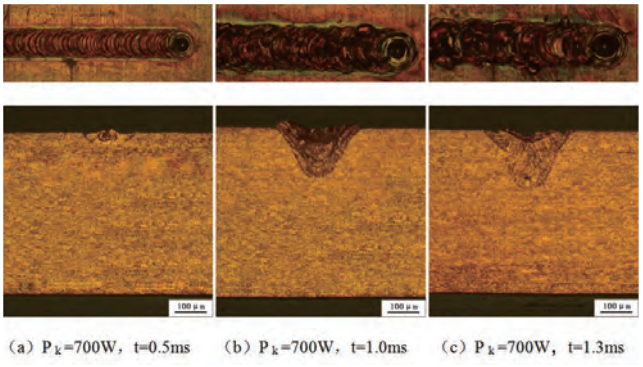
图6：激光峰值功率对焊缝熔深、熔宽、焊点直径的影响，（a）t=1.0ms，（b）t=2.0ms。

在焊缝中心，等轴晶尺寸明显较大。这是因为紫铜的导热性能比较好，在熔合线附近，焊缝与母材温度梯度较大，液态金属结晶快；而在焊缝中心，由于激光的持续作用，金属结晶速度较慢，因而形成粗大的等轴晶。

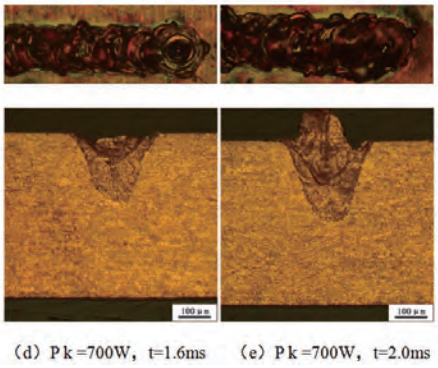
从图6可知，随着激光峰值功率的增加，焊缝熔深、熔宽、焊点直径先是缓慢增加，然后迅速增加。可见通过能量密度的提高，点焊过程也从热导焊向深熔焊转变。

脉宽对焊缝成型的影响

本试验研究脉冲宽度对焊缝成型的影响。采用图3（a）的接头形式，输出波形为方波，激光峰值功率分别为700W和1kW，焊接速度0.1mm/s，脉冲频率1Hz，脉冲宽度分别为0.5ms、1.0ms和2.0ms。试验结果如表2、表3所示。图7、图8分别为激光峰值功率700W、800W时，



（a）Pk=700W，t=0.5ms　（b）Pk=700W，t=1.0ms　（c）Pk=700W，t=1.3ms



（d）Pk=700W，t=1.6ms　（e）Pk=700W，t=2.0ms

图7：激光峰值功率为700W时，各脉宽下的焊缝成型情况。

EVERBRIGHT
心所往 · 光所至

激光加工市场变革
——直接半导体激光系统

NEW **百瓦级系列产品**



- **功率**：70W/100W
- **波长**：976nm
- **芯径**：105μm/200μm
- **特点**：高效率、高稳定性、红光指示
- **典型应用**：激光锡焊、激光透射塑料焊接、激光加热固化

NEW **中功率系列产品**



- **功率**：700W/1000W
- **波长**：976nm
- **芯径**：200μm/400μm
- **特点**：高亮度、高效率、红光指示
- **典型应用**：金属热传导激光拼焊、激光熔覆、激光清洗

中国激光芯，光耀美好生活

长光华芯拥有从芯片设计、MOCVD(外延)、光刻、解理/镀膜、封装测试、光纤耦合、激光系统等完整的工艺技术平台和量产线

苏州长光华芯光电技术有限公司
江苏省苏州市高新区科技城昆仑山路189号2幢
+86 512-6680-6270
info@everbrightphotonics.com
www.everbrightphotonics.com

华南先进激光及加工应用技术加工展览会
2018.10.10-12 深圳会展中心 展位号：2F12
诚挚欢迎您的莅临

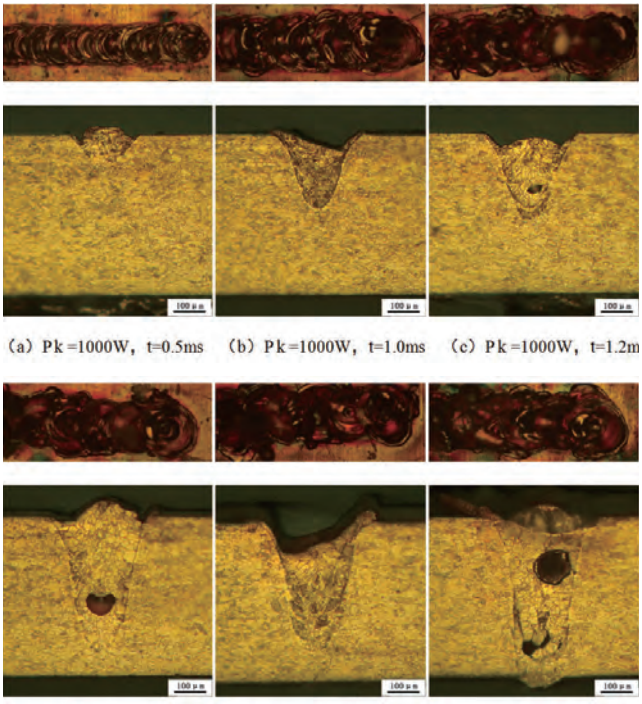


图8：激光峰值功率为1kW时，各脉宽下的焊缝成型情况。

各脉宽下的焊缝成型情况，图 9 为脉冲宽度对焊缝熔深、熔宽、焊点直径的影响。

本试验中焊接速度较低，焊点重叠率更高，激光能量的集中使得焊缝更早达到深熔效果。从图 7、图 8 中可以看到，当脉冲宽度 t≥1.0mm 时，焊缝表面开始产生飞溅，焊点表面不光滑，焊缝呈 V 型。从图 9（a）可知，随着脉冲宽度的增加，焊缝熔深先迅速增加，然后增速变缓，而焊缝熔宽、焊点直径随之缓慢增加；图 9（b）中，随着脉冲宽度的增加，焊缝熔深先缓慢增加，然后迅速增加，而焊缝熔宽、焊点直径随之缓慢增加，可见 t≥1.0mm 时，焊接形式已从热导焊向深熔焊转变，此时，脉冲宽度对焊缝熔深影响更大。绿光激光焊接紫铜最大深度可达 0.6mm，对于厚度小于 0.2mm 的紫铜，绿光激光焊接可以达到很好的焊接效果。

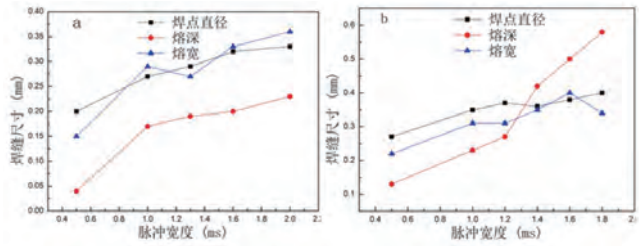


图9：脉冲宽度对焊缝熔深、熔宽、焊点直径的影响，（a）P_k=700W和（b）P_k=1kW。

表3：脉冲宽度对焊缝成型的影响试验结果(P_k=1000W)

序号	脉冲宽度/ms	焊点直径/mm	熔深/mm	熔宽/mm
1	0.5	0.27	0.13	0.22
2	1.0	0.35(飞溅)	0.23	0.31
3	1.2	0.37(飞溅)	0.27	0.31
4	1.4	0.36(飞溅)	0.42	0.35
5	1.6	0.38(飞溅)	0.50	0.40
6	1.8	0.40(飞溅)	0.58	0.34

表2：脉冲宽度对焊缝成型的影响试验结果(P_k=700W)

序号	脉冲宽度/ms	焊点直径/mm	熔深/mm	熔宽/mm
1	0.5	0.20	0.04	0.15
2	1.0	0.27	0.17	0.29
3	1.3	0.29(飞溅)	0.19	0.27
4	1.6	0.32(飞溅)	0.20	0.33
5	2.0	0.33(飞溅)	0.23	0.36

深熔焊时激光能量密度高，此时紫铜不仅产生温升、熔化，而且由于激光激波与骇波的冲击，焊接过程较为紊乱，体现为焊接飞溅、焊点表面塌陷。这一过程也促进了

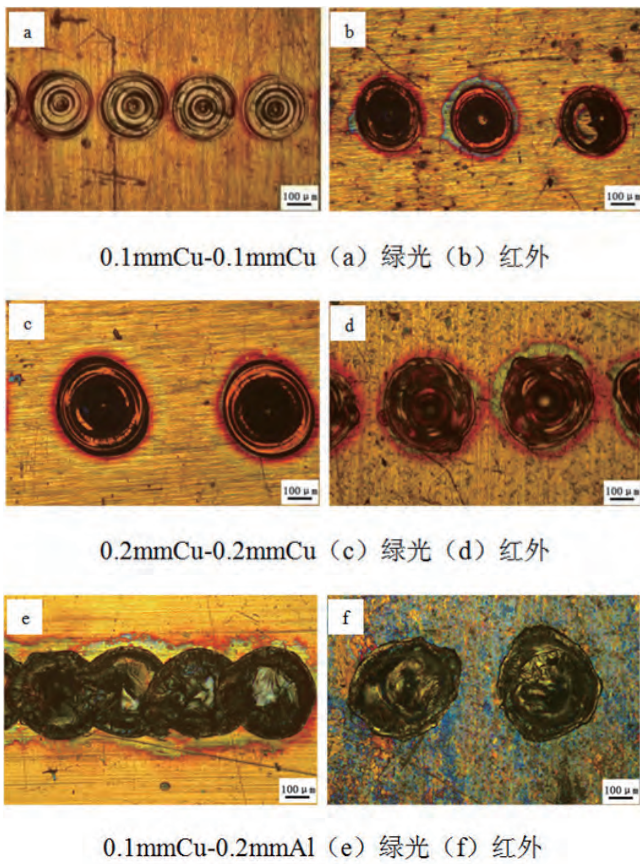
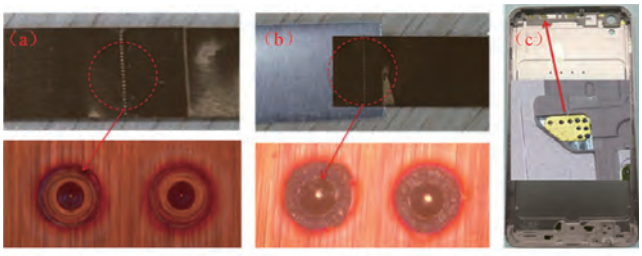


图10：搭接试验表面成型，（a）P_k=550W，t=1.3ms，（b）P_k=800W，t=10ms，（c）P_k=800W，t=1.8ms，（d）P_k=1kW，t=9ms，（e）P_k=600W，t=2.0ms，（f）P_k=1kW，t=10ms。



(a) 纯金样品 (b) 25x (c) 100x

图11：绿光焊接纯金。



(a) 紫铜-紫铜 (b) 紫铜-铝合金 (c) 手机连接片点焊-黄铜

图12：用绿光激光实现完美的紫铜-紫铜、紫铜-铝合金搭接焊。

焊缝中气孔的产生，如图 8（b）、（c）、（d）、（f）所示，气孔类型有氢气孔和蚀孔，氢气孔是由于焊前清理不当造成的（此类气孔较少），而蚀孔是由焊缝熔池的不稳定引起的。避免蚀孔、飞溅产生的方法是：单点焊接，降低激光峰值功率，增长脉冲宽度。绿光激光焊接紫铜搭接接头

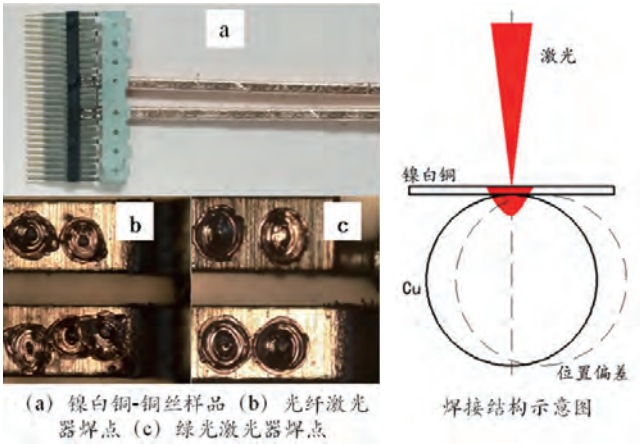
使用绿光激光器和光纤激光器对紫铜、铝合金进行搭接试验，试验结果如图 10 所示。图 10（a）、（c）、（e）为绿光激光搭接焊表面成型，对于 Cu-Cu、Cu-Al 焊接，焊点圆整度、光滑度高。

图 10(b)、(d)、(f)为近红外光纤激光搭接焊表面成型，由于光纤激光的光斑直径较小，为了保证与绿光激光焊接时焊点大小一致，焊接时离焦 5mm。

根据公式，激光能量 Q=P · t（P- 激光平均功率，t- 脉冲宽度），在获得相同焊点尺寸下，对于厚度 ≤0.2mm 的紫铜焊接，需要红外激光能量约为 8~9J；而使用绿光激光焊接，所需能量仅为红外激光的 9%~16%。由此可见，由于铜对绿光波长吸收率高的特点，其焊接时的热输入要低于红外激光。

结论

本试验对绿光激光焊接紫铜的性能进行了具体的测



(a) 镍白铜-铜丝样品 (b) 光纤激光器焊点 (c) 绿光激光器焊点　　焊接结构示意图

图13：比较红外光纤激光器和绿光激光器的焊接效果。

试，同时研究了紫铜同种金属焊接、异种金属焊接的能力，并与波长 1064nm 激光焊接进行对比，具体试验结果如下：

（1）、随着脉宽、功率的增加，焊点直径、熔深均会增加，焊接过程从热导焊向深熔焊转变，热导焊形成的熔池状态更稳定。

（2）、该绿光激光器的焊接深度达 0.5mm，由于焊点较小，对于厚度 ≤0.2mm 的铜薄片焊接，过程更为稳定。

（3）、相比近红外激光，绿光激光焊接焊点圆整度更高、一致性好、表面更为光滑、无飞溅，绿光激光焊接紫铜所需激光能量更低，仅为红外激光的 9%~16%。

应用案例

图 11 是绿光焊接纯金的案例。该案例要求将纯金对接，强度高，焊缝表面光滑，无气孔、飞溅、凹坑等缺陷。

纯金对传统的红外激光吸收极低，传统激光焊接容易产生飞溅，焊点大小不均匀、表面不光滑。从图 11 中可以清晰看到绿光焊接的理想效果。

图 12 的案例是用绿光激光对两片 0.1mm 厚的紫铜进行搭接焊，以及对 0.1mm 厚的紫铜与 0.2mm 厚的铝合金进行搭接焊。焊后表面无需清理，无飞溅产生，焊点大小均匀，焊接质量非常好，焊接过程稳定，所需能量也更低。

图 13 显示了采用红外光纤激光器焊接时，焊点大小约为 0.3mm，并且每个焊点大小不规则，有飞溅现象。而采用绿光激光器焊接时，由于铜对绿光的吸收率很好，焊斑直径达 0.4mm，并且每个焊点都很规则。❑

激光打标与焊接

聚合物的光纤激光打标与焊接开创新应用

高效光纤激光器为医疗器械制造领域带来创新。

文/Brian Baird，IPG公司高级应用工程经理

光纤激光器技术的不断进步以及将它们集成到紧凑、节省空间的光束传输系统中，正在使聚合物的打标和焊接在医疗设备领域开拓出更广泛的应用。医疗设备制造商在他们的制造工厂中采用下一代激光工艺时，或是在升级或更换现有激光加工工艺时，会考虑激光打标和激光焊接系统的占地面积。因为许多医疗器械都是在洁净室厂房中生产的，相比于传统的制造工厂，洁净室的建造和维护相对高昂，因此节省空间非常重要。

医疗设备制造商正在越来越多地评估和部署355nm脉冲紫外（UV）光纤激光器，用于广泛的聚合物打标；同时他们也在采用2μm连续波（CW）掺铥光纤激光器，用于透明聚合物与透明聚合物之间、以及某些聚合物与金属之间的焊接应用。

聚合物的激光打标

传统的聚合物打标主要使用红外（IR）激光器，或是近红外（1μm）激光器，或是远红外（LWIR；10μm）激光器。由于成本相对较低且可靠性高，这些类型的激光器（包括1μm光纤激光器和二极管泵浦的固体激光器和10μm的CO_2激光器）一般是通过一种被称为碳化的热化学激光工艺，在聚合物材料上产生黑色或灰色的标记。碳化激光打标过程通常会产生大量的激光烟尘和其他碎片，需要设计良好的激光排烟装置，以产生可接受的打标效果。这种打标方式通常需要后序的清洁处理，以去除粘附在聚合物表面的烟尘颗粒。

CO_2激光器也经常被用在不同的激光打标工艺中，这种工艺通常被称为激光起泡效应，从而在硬塑料上形成凸起的标记。在这种工艺中，激光束加热材料表面，并在表面附近被加热的材料中产生气泡，进而形成一个凸起和固化的光标记，其与周围无标记的材料之间形成良好的对比度。这种长波长的热激光打标工艺在消费电子设备、汽车零部件、包装等各种工业生产中被广泛采用。

相比于传统的红外聚合物打标工艺，聚合物的紫外激光打标是一种光化学打标工艺，其取决于这些紫外激光器比传统的近红外和远红外打标激光器所具有的更高光子能量。入射的聚焦紫外激光，会在非常接近表面的一个深度区域内被材料吸收，从而能在一个高效的“冷”打标工艺中，产生高对比度的标记。这种“冷”打标工艺的一大优点是：以最小的相邻区域变色或最小的热影响区，形成直观清晰的字符和图案。这种标记一般是在表面下形成的，加工过程对部件的光洁度和/或外部美观度没有任何影响。

上个世纪90年代末，采用三硼酸锂（LBO）作为倍频晶体的三倍频调Q二极管泵浦钕激光器的发展，进一步促进了聚合物材料的紫外打标应用的增加，紫外激光器开始取代聚合物打标市场中的准分子激光器和红外激光器。紫外激光器展示了它们在不



图1：IPG公司的紫外光纤激光打标系统，具有一台连接到光学扫描头的激光器。



图2：利用紫外光纤激光在ABS上打标的实例。

使用添加剂的情况下，在广泛的聚合物上打标的能力，这些聚合物包括聚碳酸酯（PC）、丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯共聚物（ABS）、硅树脂、高密度聚乙烯（HDPE）、聚醚醚酮（PEEK）。

高分子医疗器械的紫外激光打标

最近光纤激光器技术的快速进步，已经实现了高可靠性的脉冲紫外光纤激光器，它们具有非常紧凑的结构，并能以高脉冲重复频率（>100kHz）和短纳秒脉宽，提供合适的单脉冲能量用于聚合物的有效打标。[1] 脉冲光纤激光器众所周知的优点包括：卓越的可靠性和较低的综合运行成本，这使其能在许多细分市场中取代传统的灯泵和二极管泵浦的调 Q 固体激光器。现在这些优点正在促使光纤激光器在紫外激光打标机中被快速采用，包括面向医疗设备市场的聚合物打标。将脉冲紫外光纤激光器与具有紫外 f-theta 扫描镜的振镜扫描系统相结合，形成易于操作的紫外激光打标系统，为医疗设备制造商提供了一种适合他们的生产设施的颇具吸引力的、随时能运用的紧凑打标系统。

IPG 公司的紫外激光打标产品（见图 1）就是上述趋势的一个例子，其具有一台连接到光学扫描头的激光器。光学扫描头的尺寸为 407mm × 149mm × 127mm。标准配置产生 3W 的平均输出功率，脉宽 1.5ns，脉冲输出频率 10 ~ 300kHz，波长 355nm。光学扫描头具有 12mm 的通光孔径和 <0.1ms 的跟踪延迟。当配备焦距（FL）170mm 的扫描镜时，到工件的工作距离为 216mm，扫描面积为 105mm × 105mm，标称聚焦光斑尺寸直径为 17μm（$1/e^2$ 测量）。还可以提供焦距为 110mm 和 250mm 的扫描镜选项。

图 2 中给出了使用 IPG 公司的紫外激光打标系统产生的 2D 条形码打标的光学显微图像（20X 放大），这是医疗器械制造中使用的 ABS 材料的高质量打标。紫外打标使用能量 10μJ 的激光输出，输出频率 200kHz（2W）、打标速度 1000mm/s，产生浅黑色标记。使用类似的激光工艺参数，也可以在 ABS/PC 医用管上获得非常相似的打标质量。

图 3 中显示了在 Lexan 材料（聚碳酸酯树脂热塑性塑料）上产生的深灰色字母数字和 2D 条形码标记的显微图像（20X 放大）。打标过程的参数设置为脉冲频率 60kHz（0.6W），脉冲能量 10μJ，打标速度 250mm/s。



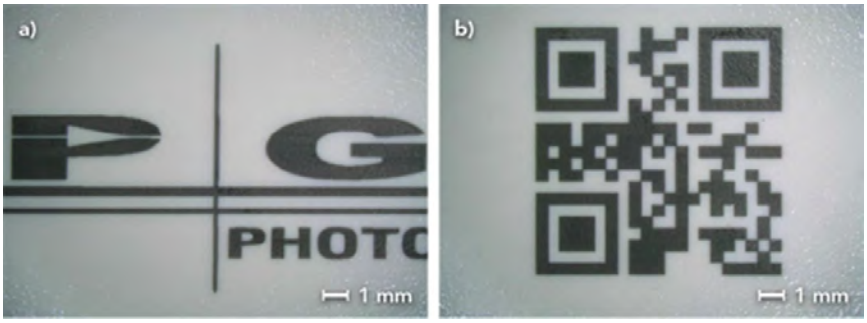


图3：利用紫外光纤激光在Lexan材料上打标字母数字（a）和2D条形码（b）。

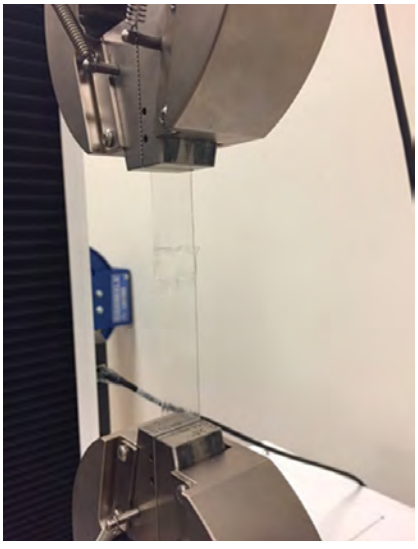


图4：0.02英寸厚的透明聚合物Tecothane的搭接焊拉力测试。

利用铥光纤激光器焊接聚合物

最近报道了使用2μm铥光纤激光器焊接聚合物与金属、焊接聚合物与聚合物的一些优势。[2-4] 波长1064～1070nm的掺镱光纤激光器，已用于将透明聚合物焊接到深色聚合物上，或是需要添加特殊材料的焊接场合，用以改善被焊接的一种或两种聚合物的吸收情况。

2μm光纤激光器的输出光，能直接被许多聚合物吸收，实现透明聚合物与透明聚合物之间、以及其他颜色聚合物之间的有效焊接。由于焊接两侧的加热更加均匀，所以对夹具的要求相对宽松。使用铥光纤激光器焊接，通常是将激光输出光束耦合到振镜扫描激光工作站中，工作站中具有专门针对2μm连续输出功率（功率范围通常在50~200W）的光学元件。焊缝宽度通常在0.1~0.5mm的范围内。

利用铥光纤激光器进行聚合物焊接的一个重要新兴应用是医疗器械的连接。很多聚合物材料都能使用2μm激光实现成功焊接，包括HDPE、LDPE、聚乙烯、聚碳酸酯、环烯烃共聚物（COC）和聚氨酯，如Tecothane（一种热塑性聚氨酯）。这些聚合物被广泛应用于微流体装置、导管、通用管、医院材料和短期植入物。

最近的搭接焊接聚合物样品的剪切试验，显示了与原始的未焊接材料的剪切强度相当的破坏载荷(见图4)。

光纤激光器技术的进步继续推动新应用的涌现。紫外脉冲光纤激光器和2μm铥光纤激光器，正在增加光纤激光器在聚合物医疗设备制造中的使用量，并推动了新的应用和光束传输技术在这个市场领域的发展。

（声明：Lexan是Sabic Global Technologies公司的注册商标；Tecothane是Lubrizol Advanced Materials公司的注册商标。）

参考文献

1. B. Baird, “Nanosecond and picosecond laser marking of medical devices,” International Medical Devices Conference and EXPO 2018 Processes for Device Manufacturing.
2. B. Baird, “Welding polymer tubing and welding polymer tubing directly to metals using fiber lasers,” Medical Tubing Conference 2017.
3. V. Kancharla, M. Mendes, M. Grupp, and B. Baird, “Recent advances in fiber laser welding,” Industrial Laser Solutions, 33, 3, 11–16 (May/June 2018).
4. L. Gomez, “Laser welding of medical device polymers,” International Medical Devices Conference and EXPO 2018 Processes for Device Manufacturing.

IPG第二季度营收同比增长12%

IPG Photonics公布第二季度财报，同比增长12%，到达4.136亿美元。

本季度高功率连续激光器销售额占总收入的64%，同比增长20%。功率为6kW或以上超高功率连续波激光器的销量增长尤为强劲。

在切割和3D打印应用的强劲推动下，材料加工销售占约总销售额的95%，同比增长11%。其他市场的销售额同比增长33%。按地区划分，中国地区市场销售额增长了10%，欧洲增长了18%，北美增长了23%，日本的销售额同比下降了2%。

IPG首席执行官Valentin Gapontsev博士表示，尽管订单数量同比略有增长，但订单流明显低于预期，因为本季度末欧洲和中国市场需求疲软。IPG预计第三季度收入将达到3.6亿至3.9亿美元。

Bellin Laser

华南先进激光及加工应用技术展览会
2018年10月10-12日●深圳会展中心
欢迎光临 贝林激光 展位： 2F16

红外 MAX 75W
绿光 MAX 40W
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600台皮秒激光器销售及应用」

「应用领域：半导体、玻璃/陶瓷、OLED等」



敬请关注微信公众号

皮秒
紫外 10W | 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 8W | 12W | 25W
红外 定制

飞秒（敬请期待）
红外 20W | 50W | 100W

联系方式

苏州工业园区苏虹中路77号 0512-87179103 www.bellinlaser.com

超快加工

整形飞秒激光脉冲改善超快微加工质量

文/ John Wallace

北京理工大学、美国明尼苏达大学和内布拉斯加大学林肯分校的科学家们联合发表的一篇开放式论文，可以帮助许多超快激光加工工厂改善其制造工艺。作者们总结了他们的研究成果，展示了整形飞秒激光脉冲如何能够改善微制造工艺的质量（见图 1）。具体而言，他们表明该技术能改善“制造精度、质量、产量和重复性，并能有效地控制微米 / 纳米级结构。”

这不仅仅是理论；该小组还提供了大量实验实例。该技术也在一个中国项目中被用于制造微结构。研究人员的成果及其成就列表是一项 10 年项目的最终成果。

电子动力学控制

因为飞秒激光与材料的相互作用在时间上非常短暂，所以它主要由光子电子迭代来控制，而不是任何产生的晶格运动，这发生在更长的皮秒时间尺度上。因此，整形脉冲以改变这些电子动力学可以改变制造过程。困难的部分是确定什么工艺采用什么脉冲形状。

为了模拟电子动力学控制（EDC），研究人员使用了四种不同的理论模型：电子动力学的计算、相变的分子动力学模拟、电离过程的等离子体模型，以及能量传输的双温度模型。

基于仿真结果，研究人员采用时间和空间整形的飞秒脉冲进行实验，创建了脉冲延迟短于电子 - 晶格耦合特征时间尺度的子脉冲。使用美国光谱物理公司的放大钛宝石激光器作为光源，使用美国 Biophotonic Solutions 公司基于商业 4f 配置的脉冲整形器对实验装置中的脉冲进行整形。将样品安装在德国 PI 公司制造的具有 1μm 精确度的位移台上。

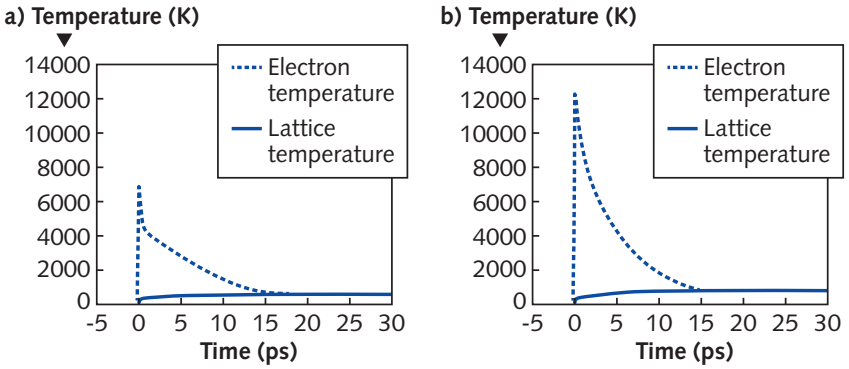


图1：改进的电子动力学模型帮助研究人员确定整形飞秒脉冲以改善微加工的最佳方法；图中显示了通过经典模型（a）和改进模型（b）以0.2J/cm^{2}强度的140fs、1053nm激光脉冲照射200nm金膜的电子和声子温度。

可能有广泛用途的结果

通过他们开发的工艺，研究人员在他们的项目上取得了惊人的成果，主要成果包括：1）将微通道制造的加工效率提高到 56 倍，并且微通道的最大纵横比提高到 3 倍；2）将激光辅助化学蚀刻的速率提高到 37 倍；3）通过调整所制造的材料表面上的电子产生，来调整表面波纹的周期、取向和结构；4）创建具有高达 1.1×10^9 增强因子的表面增强拉曼光谱（SERS）表面；以及 5）在露天中制造深亚波长（约为激光波长的 1/14）和高电导率（约为块体金的 1/4）的纳米线。

在一个具体的例子中，由于 EDC 工艺允许将表面结构修整成有序纳米柱阵列，而不像传统的亚波长波纹，所以 SERS 基底的灵敏度得到了提高，这是因为表面等离子体共振引起的表面微结构附近的电磁场增强。

研究人员还试验了空间脉冲整形，使用基于相位的空间光调制器将光束的高斯轮廓改变为其他形状。双峰形光斑是一种结果，它允许在金膜中高精度地形成纳米线。使用空间脉冲整形来产生贝塞尔光束（所谓的“非衍射”光束），EDC 也用于制造诸如直径为 1.6μm、长宽比为 330:1 的无锥度微孔结构。

该小组已开发了测量 EDC 基本原理的技术，包括泵浦探针阴影图像成像技术、时间分辨等离子体照相、激光诱导击穿光谱以及商业快速成像 CCD。❑

如何选择激光器

如何为显微镜应用选择合适的激光器

在选定光学显微照明系统时，除了激光的波长和输出功率这些明显的关键参数外，还需要考虑很多其他因素。

文/Daniel Callen，Matthias Schulze；Coherent

凭借对各种目标生化样品与物理结构（形态）成像的独特能力，荧光显微镜成为生命科学领域普遍应用的一种“万能”工具。在许多荧光显微镜应用（尤其是共聚焦激光扫描显微镜，简称为CLSM）中，激光由于兼具空间亮度和单色性（光谱亮度）的独特优势，而被用作光源。

激光器种类繁多，而每一种激光器又通过多个技术性能参数进行定义，对于非激光器专家而言，为荧光显微镜应用选择合适的激光光源，并非易事。但往往，激光源选择的正确与否会直接决定实验的成败。在本文中，我们将详细分析这些关键的参数，对显微镜性能的影响。

波长

波长是最显著的激光参数，但选择最佳的波长却不是总能轻松实现。最简单的方法是将激光波长与荧光团激发光谱的峰值相匹配，并使用截止或带通滤光片来阻止散射的激光进入CCD相机或光电探测器，随后检测具有斯托克斯位移的荧光发射即可。

发射激光的光谱比从滤光片返回的激光的光谱锐利得多（就光谱宽度和斜率而言），因此选择使用从滤光片返回的激光通常效果会更好。例如，许多用户经常选择使用波长与激发峰短波长斜率对应的激光来激发荧光染料。这样做的原因是，通过移到较短波长，任何散射激光与较长波长的荧光之间的分离度会增加，从而减少滤光带来的困难并提高信噪比（影像对比度）。

随着显微镜制造商和用户转向越来越广的激发波长组合，以实现通过单个显微镜系统对多个荧光团进行成像（无论是在同一实验中，还是将该系统作为一项共享资源来使用），滤光的难度变得越来越高。如今，显微镜通常配备多达七种不同波长的样品通道。

业界对将显微镜操作的波长带宽扩展到近红外光谱区域越来越感兴趣，而需要避免多个激光器与检测通道之间的串扰，正是造成这种现象的驱动因素之一。借助具备反斯托克斯发射特性的巧妙技术，能够实现使用一种基于单硅的相机来检测图像（在这类相机中，在800nm之外的波长范围，硅CCD/CMOS的量子效率会迅速下降）。激光器制造商推出了各种波长（包括808nm甚至980nm）的激光器来满足这种需求。

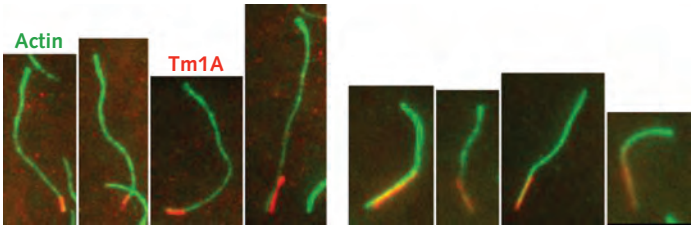


图1：这些全内反射荧光显微镜图像是借助在Coherent Galaxy激光合束器中整合两个激光器去激发而获得的；在肌动蛋白丝结合研究中，红色信号来自在640nm波长下激发的带有Cy5标记的Tm1A（蛋白质）荧光，绿色信号则是由在488nm波长下激发的带有Alexa488标记的肌动蛋白产生的。

功率

功率是另一个显著的激光器输出参数，其中图像强度与激光功率大致成正比。在大多数荧光团中，激光受激荧光是一种高效的过程，量子效率往往接近于一。与之相反，共聚焦显微镜是一种光学效率低下的系统，物镜收集的荧光有多达99%被共聚焦针孔阻挡，为三维分辨率而牺牲了图像强度。

然而，选择最大激光功率并非总是最佳方案，因为光损伤和散射光都会随着激光功率的提高而增加，激光器的成本也会随之增加。通常情况下，对于许多共聚焦应用而言，照射在样品处的功率水平达到大约1~10mW会较为

理想，这意味着，根据典型显微镜照明和扫描光学系统的效率，激光输出功率应为几十毫瓦。

一些应用需要更高的功率。例如，新式转盘显微镜能够同时对样品中的多个焦点进行成像，从而支持更高帧速。在这种应用中，通常需要更高的功率来在每个焦点处提供所需的强度（进而提供所需的速度）。

诸如光敏定位显微镜（PALM）和受激发射损耗（STED）等超分辨率技术也需要更高的功率，因为这些技术需要依靠漂白或饱和来接通和关断荧光团（见图 1）。直至目前，这仍然意味着需要使用瓦级功率的激光器，但会因此耗费过高的能源和成本。

实际上，最理想的功率应当为数百毫瓦。为了支持这些应用，激光器制造商目前在 250~500mW 功率范围内推出了越来越多的波长选择。

光束质量

光束模式质量会直接影响聚焦光斑的大小，进而影响系统的光学效率。这是因为共聚焦显微镜的工作原理是将激光聚焦到样品平面上的一个或多个小点，并通过共聚焦孔径使这些点上的样品荧光成像。任何聚焦在目标点之外的光不仅会浪费能量，还会增加背景噪声，从而降低整体图像对比度。

多模激光器可以与共聚焦显微镜一起使用，但通常需要与光学器件相结合以实现光均匀化和空间滤光，这会增加系统的复杂度并降低效率。因此，虽然光束质量较低的多模激光器更容易制造，售价也较低，但它们的“经济实惠”只是假象。

简单地说，CLSM 最适合使用 TEM_{00} 激光器。就规格而言，在由激光器产生的额定输出中，要有 80% 以上的激光是 TEM_{00}，或者光束质量 $M^2 < 1.2$。

激光噪声是影响共聚焦图像质量的另一个重要因素。如果跨越的带宽较大（例如，20Hz~20kHz），则必须将强度噪声保持在较低水平，以最大限度地降低图像噪声。这同时包括降低平均值或均方根 (RMS) 噪声以及峰峰值噪声。光束指向的偏移（与温度有关）也可能带来噪声干扰和分辨率的损失，我们建议将此位移控制在 5μrad/℃ 以下。

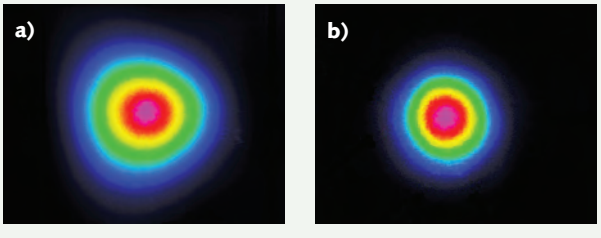
调制

扫描的图像需要一定的调制功能：至少需要能够实现在回扫期间将激光器关闭。调制可以同时包括数字和模拟两种规格。数字调制是简单的开 / 关切换，而模拟调制则会根据输入的模拟信号来改变激光的输出功率。

在速度方面，激光二极管能够提供最快的调制速度，数模切换速度可达兆赫级，但模拟调制的动态范围仅限于略超过 100:1 的水平。光泵半导体激光器（OPSL）提供的调制速度较慢（最大值：数字模式 50 kHz，模拟模式 100kHz），具有与激光二极管类似的（50:1）动态范围；而 DPSS 激光器则根本不支持调制。因此，根据激光器类型，往往有可能进

关于激光技术的说明

从历史上看，激光器的规格由其技术、波长和额定功率决定。但如今，显微镜制造商和用户等群体都只关心输出光束的特性，而不是关心产生这些激光背后的技术。这种模式转变是从激光制造商开发出与技术无关的通用平台时开始的。例如，相干公司以相同的即插即用形式来封装两种互补的半导体技术，即激光二极管和光泵半导体激光器 (OPSL)。其中的原因在于，二极管在短波长（≤488nm）以及红 / 近红外波长（≥640nm）下的效率极为出色，而且调制速度更快。相反，OPSL 技术能提供的波长分布在可见光谱的中间部分以及紫外部分，而二极管技术在这些波长范围内尚不实用。OPSL 技术还可以在功率方面进行扩展，能够在数百毫瓦的功率下实现超分辨率的应用。



对不同的激光技术进行智能封装是一项关键进步，让激光器具有相同的外形规格、接口和功能，确保为显微镜提供广泛的波长范围和必需的光束质量；由于封装内部的光学器件极为精密，二极管激光器可以提供具有较低像散的圆形光束 (a)，而 OPSL 技术则提供了更高的光束质量和圆度 (b)。

行直接调制。然而，直接调制通常并不是一项关键因素，因为大多数显微镜还配备有声光调制器（AOM）或声光可调谐滤光器（AOTF），以实现调制。

光纤传送

共聚焦显微镜能够通过单模光纤连接器接收激光。FC/APC（套管式连接器 / 斜角物理端面）是最为常用的标准，在市场上的份额达到了 80% 左右。一些较新款式的产品（例如转盘显微镜）已经转而使用 FC/PC8 连接器。激光器具有自由空间输出光束，其方向是从尾纤到裸纤，或从尾纤到光纤（终止于连接器）。

将激光耦合到单模光纤内输出的难度极高，需要在六个自由度上进行调整，以控制高数值孔径（NA）光学器件的高敏度对准。此类对准可能需要数小时才能完成优化，对于几乎所有显微镜用户而言，这样做根本不值得。更为合理的做法是，购买已针对显微镜或光束整合器而配备了合适光纤连接器终端的激光器。

关于光纤耦合激光器的注意事项：在第一代产品中，特别是在较短的波长和高功率下，发射功率在仅仅经过几百小时后就会降低几个百分点，导致使用寿命只有 1,000 小时。主要原因是光纤面损伤（光沉积），它是由于单模光纤耦合所需要的高强度聚焦导致的。其中一个不太常见的原因是光纤本身受到了光损伤。出于这个原因，激光器制造商实施了一些专有方案（例如相干公司的“长寿命接口”）来降低光纤面的功率强度，同时也不会失去光纤的单模特性。这些方案将激光器 / 光纤单元的通常寿命延长至 10,000 小时或更久。

多种激光器间的兼容性

由于显微镜的每一路输入最多可以连接七台激光器，因此另一个难题是激光器的通用性。对于显微镜制造商和最终用户而言，如果激光器具有相同的外形规格、接口和功能，那么无论是实现多种激光器的集成还是使用新激光器进行升级，都会变得更加简单。这意味着会拥有相同的电源、相同的热处理要求、相同的电子接口，以及相同的光束位置、直径、发散度、方位角等。

通过将所有用于生命科学领域的激光器封装在相同的能量分隔设计中，激光器制造商可以支持用户对于多激光器的通用性的需求，不需要考虑激光器内部采用了何种技术（参见“关于激光技术的说明”）。此外，这些激光器现在一般会采用智能的即插即用技术，可以通过直接更换激光器来提升功率、增加新波长，或在激光器达到使用寿命后予以更换。相干公司的 OBIS 系列激光器就是这种通用智能平台概念的一个范例。

最近，这种通用平台概念已延伸到物理集成领域，其中会将多台激光器安装在单个外壳中，无需使用多个相同的电源，从而减少了整个系统所占用的空间。相干公司的这一平台称为 Laserbox，可通过单个触摸屏控制器来操作所有激光器。

光束整合

最后一步是将所有激光器连接到显微镜的单个输入光纤连接器（FC/APC 或 FC/PC8）上。根据传统做法，这需要对每个激光器的光束进行准直，并使用多个二向色分光器将它们依次整合在一起。随后，必须使用光学特性会随波长变化的透镜，将整合起来的光束有效地耦合到单模光纤中。值得庆幸的是，现在有现成的集成模块，可以无缝地整合不同的激光，无需用户进行对准或调整。这样，智能模块的即插即用功能便发挥出它的预定作用，使得光纤连接的激光器可以在几秒而不是几小时内完成添加或交换。

最先推出的这种光束整合模块，是相干公司的 Galaxy（见图 2），它具有采用专利技术的 FC 输入连接器，可为用户提供多达八种选择的波长。它内部使用最少的光学折射器件，将光束耦合到预先对准的单模输出光纤中。这种单模偏振光纤可通过用户指定的 FC/APC 或 FC/PC8 终端，直接连接到所有常用的共聚焦显微镜上。



图2：多个激光器可以集成在一个Laserbox机箱中，从而消除了冗余的电源和使用面板；然后，使用即插即用光束整合模块（如 Coherent Galaxy）将多个激光整合到一根单模光纤内耦合输出。

激光技术的进步有力地支持了新一代荧光显微镜工具，这些工具有更多的功能、简化的操作和更低的成本。然而，恰恰是这种成功使市场上充斥着各种产品，有时很难为特定应用选择最佳解决方案。如果能了解一些关键的激光参数对显微镜性能产生的影响，就可以使这种选择简单化，并能实现更好的结果。❑

参考文献

1 .J. Y. Hsiao、L. M. Goins、N. A. Petek 和 R. D. Mullins，Curr.Biol.，1–10（2015 年）

激光雷达

原型样机仿真加速固态激光雷达进入市场

文/Kristen Norton，Zemax公司OpticStudio产品经理

激光雷达正在迅速成为自动驾驶汽车的一项重要功能。事实上，许多人都认为激光雷达技术是主流自动驾驶汽车市场竞争中，最重要的光学技术。但并非所有自动驾驶汽车都是全自动的。激光雷达正是区分自动驾驶汽车是否为全自动的重要技术。

尽管大多数现代车辆都带有用于盲点探测的雷达以及提高能见度的摄像头，但是根据 SAE 国际标准，它们依然属于不完全自动的 2 级自动驾驶汽车。4 级以及 5 级的全自动驾驶汽车，要求有多个机械和光学传感器，包括雷达、摄像头以及激光雷达，用于观察道路。

相较于雷达和摄像头，激光雷达更加精准，能够对静止以及移动中的物体进行精准的 3D 绘图。由于激光雷达对于自动驾驶汽车至关重要，几乎所有自动驾驶汽车市场的主要参与者都将激光雷达集成到其车辆中。

固态激光雷达解决了行业挑战

到目前为止，将激光雷达集成到自动驾驶汽车的主要挑战之一是：激光雷达系统需要有能够 360° 运动的机械镜。

第一台自动驾驶汽车的顶部就安装了这样的旋转激光雷达系统，但是它们对于振动非常敏感，难以小型化，并且总体成本高昂。



近期技术的发展改善了激光雷达系统的耐久性，并使其价格大幅下降。

在汽车行业中，激光雷达系统的大多数创新都集中在建立固态系统，并减少扫描视场激光光束的机械旋转。虽然这通常会导致更有限的视场，但新的固态激光雷达系统满足了长距离扫描的技术要求，而且由于没有运动部件，它们比以前使用的机械式旋转扫描系统更加耐用，也更便宜。

固态激光雷达系统的发展有助于推动市场增长，预计到 2022 年，激光雷达市场将实现 25% 的增长。当然，该市场的增长也将引发激烈的竞争，从而进一步降低将固态激光雷达系统集成到自动驾驶汽车中的成本。

行业内的激烈竞争

在 2018 年国际消费电子展（CES）上，很多厂商都展示了激光雷达领域

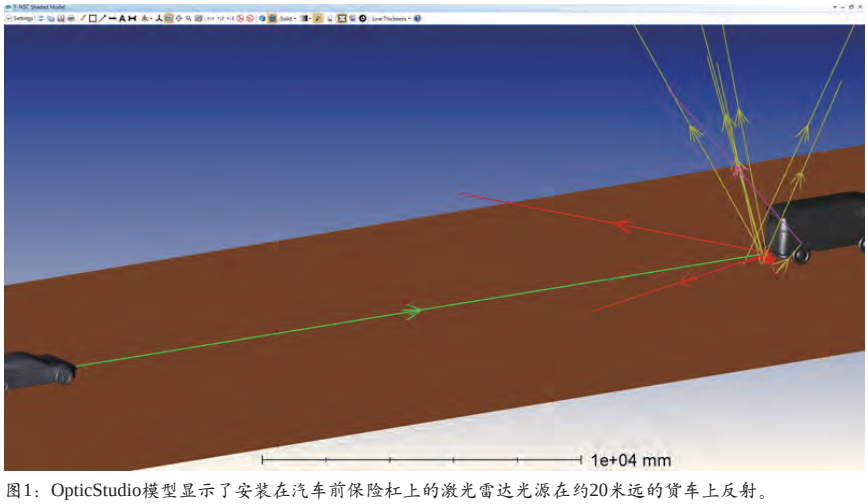


图1：OpticStudio模型显示了安装在汽车前保险杠上的激光雷达光源在约20米远的货车上反射。

的最新进展。

传感器技术公司 LeddarTech 展出了他们宣传的“世界首款能够实现车用激光雷达大规模量产的 3D 固态激光雷达芯片”，该项技术获得了 CES 2018 两类创新大奖的提名。

Innoviz 公司宣布将于 2019 年推出一款名为 InnovizOne 的汽车级低成本激光雷达，并发布了 InnovizPro，这是一款基于 MEMS 扫描技术的、独立的固态激光雷达系统。

汽车激光雷达行业的领导者 Velodyne 公司发布了 Velodyne Velarray，这是一款高性价比的固态激光雷达，可以无缝嵌入到自动驾驶汽车以及先进驾驶辅助系统（ADAS）中。

近期，Quanergy 公司在加州森尼韦尔（Sunnyvale）开设了一家自动化工厂，生产该公司获得 2017 CES 最佳创新奖的 S3 固态激光雷达传感器。该工厂的开设使得 Quanergy 成为了唯一一家大规模生产 3D 固态激光雷达的公司，并朝着低成本主流激光雷达迈进了一大步。

最新的固态激光雷达设计

激光雷达系统测量激光脉冲或调制信号从“发出到目标、再返回光学传感器”的时间。用信号单程飞行时间乘以光速，即可计算出目标距离。激光光源会对视场进行扫描，从而实现精确的 3D 绘图。

所有汽车激光雷达系统均有三个主要部分组成：激光光源、扫描或漫射光学器件以及传感器。固态激光雷达系统正如其名字一样，在扫描或漫射光学器件中不使用任何运动部件。对于固态激光雷达系统，有三种不同的方法来实现激光光束扫描或漫射整个视场。

与使用窄光束扫描目标场景不同，Flash 固态激光雷达使用强闪光照亮整个视场。该方法的优势是仅用一次闪光即可捕捉整个目标场景，无需机械扫描部件，就像照相机闪光灯一样。捕捉整个目标场景需要匀光器以及高功率红外光源，同时还需要有高灵敏度的探测器，这将极大增加成本。

另一种更具性价比的方法是采用相控阵原理实现固态激光雷达。相控阵原理在无线电领域已经使用了几十年，



XL*SCAN* 组合的激光扫描解决方案是由SCANLAB公司和ACS运动控制公司联合开发的. 它创新的理念是靠扩展的工作区域 使能宽范围的激光打标和大型基板的加工



SCANLAB innovators for industry

ACS MOTION CONTROL

ACS Motion Control China
,肇嘉浜路798号,301室
上海,200030, 中国

Tel: +86-21-54830819
Cell: +86-13601639842
www.acsmotioncontrol.cn

Smarter Motion

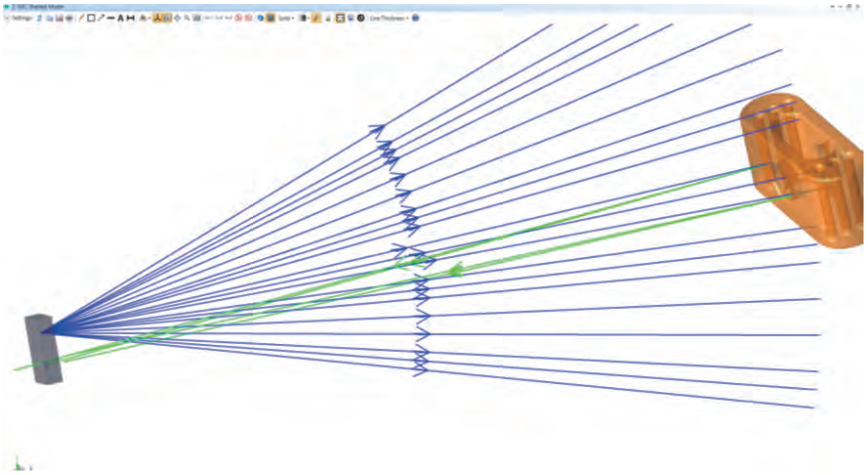


图2：OpticStudio模型显示了光源对目标物体进行了超过40° 的扫描。一小部分光线被目标物体反射，并被探测器收集。

同样的概念近期被用于光学领域，在光子集成电路上使用微纳尺度的器件。就像雷达系统中使用的天线阵列一样，固态激光雷达系统中的光学相控阵技术（OPA）使用一个微型天线阵列来控制光束。通过调节发射阵列中每个发射单元的相位差，来改变激光的出射角度。Quanergy 目前正在量产的 S3 激光雷达系统，就采用了这种 OPA 设计。

采用微机电系统（MEMS）振镜设计的激光雷达，也被认为是固态激光雷达。从技术上讲，MEMS 激光雷达系统中依然存在运动部件，但与传统激光雷达系统中使用的大型旋转镜相比，机械运动已经明显减少。LeddarTech 的激光雷达系统就使用了 MEMS 设计。

设计固态激光雷达系统的复杂之处

在为自动驾驶汽车设计固态激光雷达系统时，光学工程师需要面对诸多挑战。例如，相较于在顶部可 360° 旋转的激光雷达系统，固态激光雷达系统的视场十分有限。商用的 OPA 激光雷达系统可达到的最佳视场为 50° 左右，MEMS 激光雷达系统稍微好一些，可以达到 60° 左右。因此，替代 1 个顶部机械旋转式激光雷达系统，至少需要 6 个固态激光雷达系统。所以，固态激光雷达系统要想在商业上具有可行性，必须保证多个固态激光雷达系统的价格，要低于单个机械旋转式激光雷达系统。

除了要扩大视场外，光学工程师还要致力于让汽车激光雷达系统的工作范围最大化。激光雷达系统的最大工作范围取决于激光功率、目标物的反射率以及探测器的灵敏度。在高速公路上，汽车通常以每小时 90 公里的速度行驶，约每秒 30 米。如果一辆车起步需要 10 秒达到该速度，那么激光雷达系统需要能够准确探测到 30×10=300 米以外的目标。即使是 OPA 和 MEMS 激光雷达系统，也需要一个高功率光源来获取足够高的信噪比，尤其是对于轮胎或者其他哑光黑色物体等反射率较低的目标物。

如果激光雷达系统使用脉冲来测量飞行时间，那么可以通过降低激光脉冲的重复频率，来动态增加单个脉冲的功率。但是，这只能在一定程度上起作用，因为降低重复频率也会降低测量范围的准确性。假设电子足够

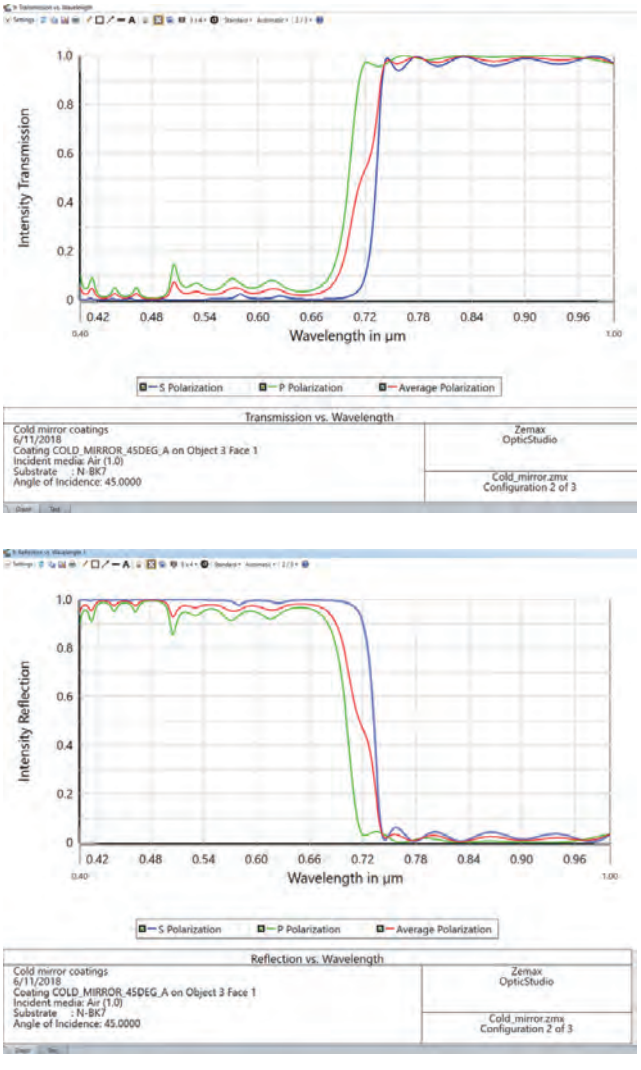


图3：OpticStudio分析显示了一种对于可见光波段低透过率、对于红外波段高透过率的镀膜。

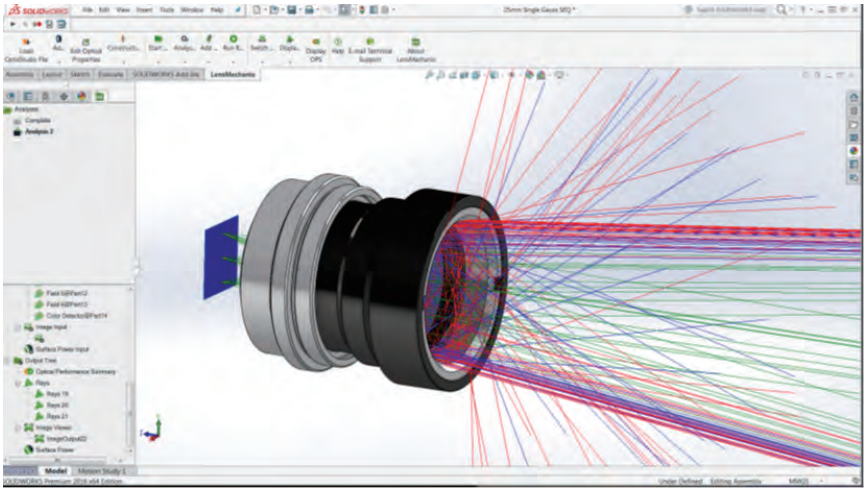


图4：LensMechanix模型，展示了针对一个物镜及其机械装配进行的杂散光分析。

快，激光脉冲的最大重复频率决定了数据的最大点密度，从而决定了激光雷达系统的精度。重复频率越快，数据越密集，空间信息就越详细。

激光雷达系统也必须考虑到人眼的安全。根据职业安全与健康管理局（OSHA）的要求，大多数汽车制造商都尽量使用一级激光器，这种激光器“无法在已知的危险水平上发射激光”。因此，探测器必须足够灵敏，既能探测到对于人眼安全的激光，又能探测到低反射率的目标。目前大多数用于汽车激光雷达的探测器，都属于以下两种固态光电探测器：一种是单光子雪崩二极管（SPAD），另一种是硅光电倍增管（SiPM），因为它们在长波长下检测效率更高。

探测器还必须能够在晴朗的白天正常工作，并处理高达 98,000 勒克斯（流明每平方米）的环境光。为了满足这一要求，激光雷达的设计采用了仅能通过接近激光波长的窄带通滤光片，或者采用限制视角的方法。

目前，大多数固态激光雷达系统都使用激光脉冲来测量飞行时间，但是还有另外一种使用连续波（CW）调频（FW）激光的方法。CW 激光光束被分为一束参考光和一束目标反射光。CW 光源的频率以一致的速率变化，所以当两束光在探测器相遇时，发生的干涉可以用来分析计算目标距离。该技术在提高探测信号的范围和减少干扰方面取得了可喜的成果。汽车上有多个激光雷达系统，很可能难以从不同的激光雷达光源中分离出不同的脉冲。

在 CWFM 激光雷达系统中可以减少这种不确定性，因为每个光源都可以采用不同的调制。此外，CWFM 激光雷达还可以通过单次测量来检测物体的速度，因为它可以包括多普勒频移。

每一个设计上的难点都伴随着预算上的挑战。对于运行速度较低、不需要对障碍物迅速做出反应的车辆而言，采用低成本、低数据质量的激光雷达系统就足够了。但是随着汽车行业大力宣传全自动驾驶汽车的前景，激光雷达系统必须在高速运行下，既经济又准确。

使用原型样机仿真让激光雷达系统更快进入市场

激光雷达行业的激烈竞争，让光学产品设计团队无法承受产品开发的延迟。虽然设计出达到预期效果的光学系统可以很简单，但是预测实际产品的表现、并平衡产品性能与成本，则需要一个全面的原型样机。

所有位于自动驾驶汽车激光雷达系统周围的、可能产生杂散光的光源，都需要被考虑。例如，激光雷达系统中的杂散阳光，可能会被当作一个假信号。又或者，附近激光雷达系统中的信号，可能是另一个杂散光的来源。

Zemax 原型样机仿真是创建完整激光雷达系统原型样机、而不仅仅是光学或者机械元件的唯一解决方案。在生产物理原型之前，工程师团队可以在完整的光机产品上模拟光学性能。使用 Zemax 原型样机仿真，你可以模拟交通信号灯的开关、车灯以及其他杂散光来源产生的影响。

Zemax 原型样机仿真通过简化光学工程师与机械工程师之间的沟通，保持文件在 OpticStudio 与 CAD 平台传递过程中不失真，并允许工程师在更改更容易、成本更低的情况下，及早发现和纠正错误，从而减少设计迭代，并加快验证设计。客户已近使用 Zemax 的软件将开发周期缩短了一半，从而在市场上赢得更多竞争优势。

根据英特尔公司的数据，到 2050 年，约有价值 7 万亿美元的潜在“乘客经济”市场。在自动驾驶汽车市场份额的竞争中，发展周期中的每一秒都至关重要。❑

激光驱动器

使用激光二极管还是量子级联激光器？不要忘记电子器件

用于激光二极管的驱动电子器件与用于量子级联激光器的不同，但两种情况都需要窄线宽、稳定的中心波长和可重复扫描。

文/Jake R. Lindquist

驱动电子器件在激光二极管（LD）和量子级联激光器（QCL）的系统性能中发挥着重要作用。两种激光器类型都根据其设计具有特定的电气要求。激光二极管具有正向电压要求，该正向电压要求取决于制造二极管本身的材料的带隙。量子级联激光器具有更高的正向电压要求，其取决于工程化到设计中的多量子阱（MQW）异质结构周期的数量。[1]

除了提供足够的电压外，驱动电子器件还必须正确控制到激光器的电流输出。此外，还必须考虑其他关键指标，以确保驱动器非常适合激光应用，例如顺从电压、电流容量 / 稳定性、噪声、带宽和激光保护。

激光二极管的发射波长由用于制造激光二极管的材料的导带和价带之间的能量带隙决定的（见图 1）。在给定带隙能量的情况下，可以使用下式计算发射光子的波长

$EG = hc/\lambda$

其中 EG 是带隙能量，h 是普朗克常数，c 是光速，λ 是输出光的波长。

为了使电流流过二极管，它必须是正向偏置的。使二极管能够产生激光的电压，被称为阈值电压。对于红光和红外 LD，阈值电压大约为 2V；对于绿光 / 蓝光 LD，阈值电压大约为 8V。同样，也存在阈值电流。在阈值电流以下，可能根本没有辐射发射，或者可能存在自发发射。超过阈值电流，将存在相干受激发射（激光）。

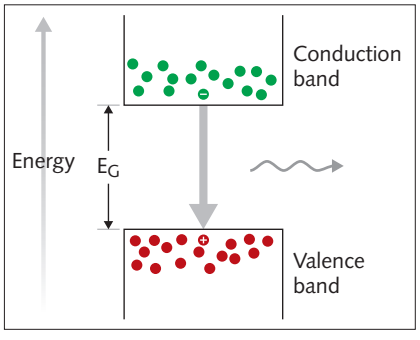


图1：来自导带的电子与来自价带的空穴的复合，产生激光二极管中的光子发射。

QCL的不同要求

量子级联激光器的工作原理不同于激光二极管，其需要更高的电压来建立级联粒子数反转。不同于电子从导带跃迁到价带时发射光子，QCL 中的电子在子带间跃迁时发射光子。QCL 被设计成使得电子在整个激光发射过程中保持在导带能级中。

为此，制造出了周期性 MQW 结构。这些量子阱结构的可允许电子波函数是已知的，并且被设计为利用电子从一个阱到相邻阱的量子隧道效应。隧道效应也是 QCL 可实现大于 1 的量子效率的原因，但这不适用于 LD。这是因为在 LD 中，一旦电子回到价带中，它就已发射出能量上允许的唯一光子。在 QCL 中，一旦电子从上激光能态向下跃迁，它就可以非辐

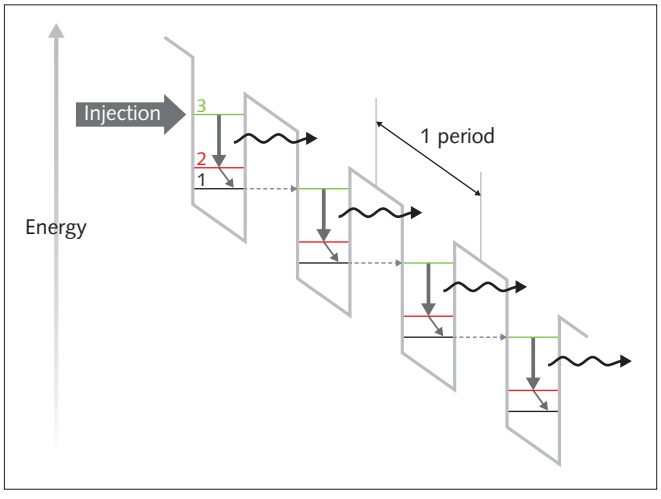


图2：图中显示了工程量子阱的简化结构，允许电子在量子级联激光器中“级联”下去。

射地驰豫到另一个较低的能态（已被设计为与相邻阱的上激光能态重合），隧道到相邻的阱，然后从这个新的上激光能态向下跃迁。因此，单个电子可以发射多达 N 个光子，其中 N 是 QCL 结构中的周期数（见图 2）。

由于这种复杂的结构，QCL 具有比 LD 高得多的电压要求。提供给 QCL 的电压起着两个主要作用。首先，电压决定 QCL 将工作的电场。如果没有正确建立的电场，隧道概率和寿命将发生变化，[2] 降低激光器的效率。其次，在没有对辐射发射做出贡献的情况下，在激活区内下降的电压对于维持粒子数反转（在较低激光水平下的最小化粒子数）至关重要。[3]

激光驱动器的顺从电压规格，决定了与这些电压要求的兼容性。顺从电压给出的值描述了驱动器在全电流下，可以提供给激光器的最大电压值。顺从电压应该始终超过激光器标称的正向电压要求。

驱动器提供给激光器的电流称为注入电流。与 LD 类似，QCL 具有阈值注入电流。QCL 或 LD 的输出功率和频率稳定性，取决于驱动器电流的稳定性和噪声。有许多应用要求激光器具有窄线宽和稳定的输出频率。还有光谱应用利用这种关系，并使用注入电流和温度控制来调谐输出波长。

调谐 QCL 的输出波长时，上述两种方法提供两种不同的范围和速度。改变注入电流通常可以在较小的可调谐范围内产生更快的调谐。改变 QCL 的温度通常会导致调谐速度变慢，但范围更宽。[4] 最近的文献已表明，更加量身定制的温度调谐（例如，仅在激活区或分布式布拉格反射器附近加热[5]）可实现更宽的调谐范围。

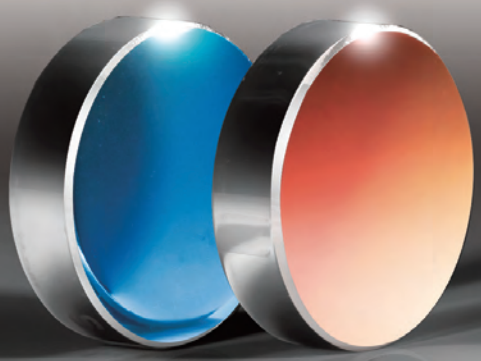
噪声考虑

半导体（包括 QCL）对 1/f 噪声敏感。这通常是高达数十千赫兹范围的主要噪声成分。驱动器产生的噪音直接影响性能。1/f 噪声会影响线宽，因此驱动器的噪声输出可能是线宽的限制因素之一。[6] 请注意，驱动器制造商会以不同的方式表征驱动器的噪声。许多驱动器以 μA 均方根（RMS）为单位给出复合噪声规格。定义驱动器噪声的更准确的方法，是给出频谱噪声密度，其单位为 nA/√Hz（见图 3）。

RMS 噪声规格是频谱噪声密度的积分，相关带宽是该积分集成的上

光学引领未来

光 学
新 动 态



极紫外光学
将光学推向极致

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/098-8612

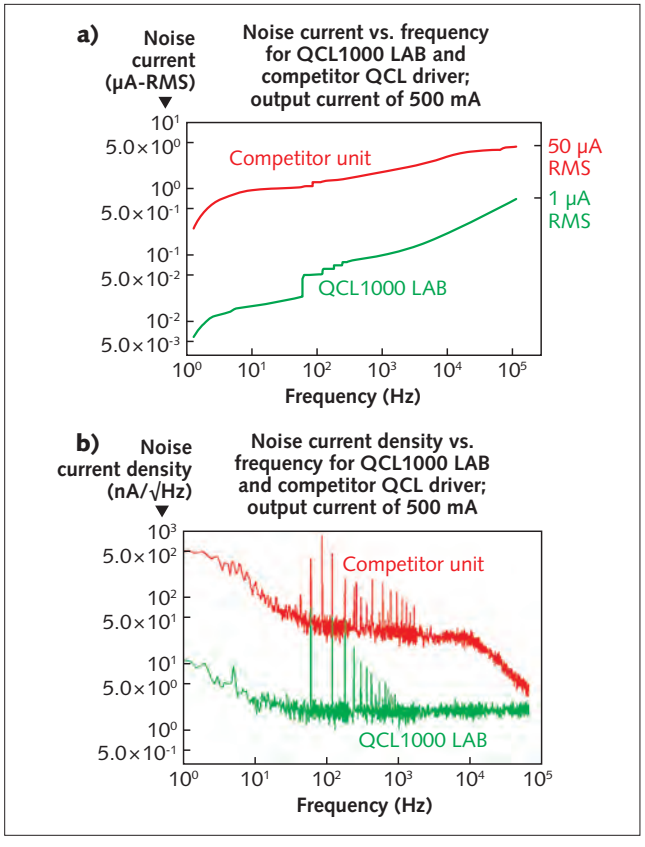


图3：在此噪声比较中，显示了两种不同的噪声定义方式：RMS噪声（a）和频谱噪声密度（b）。

限。当给出该规格时，相关带宽对于正确解释是至关重要的。例如，在图 3a 中，竞争产品的指标我 0.5μA RMS，但带宽要 <10Hz；而 QCL1000LAB 的指标为 0.5μA RMS，带宽接近 100kHz。为光谱噪声密度给出的值，是在 1/f 噪声贡献不再是主导因素之后，噪声密度稳定的水平。

如果应用需要调制激光器，则需要考虑驱动器的带宽规格（见图 4）。驱动器有两个规格与带宽有关。第一个是达到 90%调制深度（DOM）时的频率。该值与方波调制有关。第二个规格是驱动器的 -3dB 带宽，这与正弦波调制有关。-3dB 带宽是信号强度下降 3dB（输入值的一半）时的频率。随着频率的增加，DOM 和信号强度都会降低。

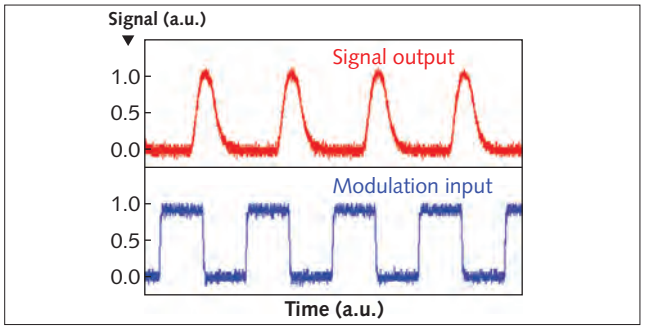


图4：如果指定的带宽高于驱动器标称的调制带宽，则信号完整性会恶化。

除了电流、电压、噪声和带宽性能规格外，最佳激光驱动器也可以保护激光器。例如，安全功能包括：防止激光过驱动的电流限制；电压限制，以保护激光器免受反向电压、过压和欠压情况的影响；缓慢启动电流爬坡；以及如果操作参数偏离所需配置，则互锁以禁用输出。

防止激光器失效

由于半导体激光器是单极的，因此错误地配置电子器件可能导致激光器的灾难性故障。如果内置反向电压保护，将允许交流电路（保护二极管、保险丝等）防止可能损坏激光器。可以使用最大电流和最大电压限制，将操作参数保持在安全区域内。内置缓慢启动电流爬坡，以防止因逐步启用电流而导致的不必要的热冲击。在禁用和启用之间，激光器的激活区域中的温度变化可能太激烈或太快，并且损坏激光器。通过缓慢启动电流，降低了温度变化率，允许内置热电制冷器（或其他温度控制装置）更容易地保持安全的操作温度。一些驱动器采用了与温度相关的互锁，可以设计为在温度过高时禁用驱动器的输出。也可以使用“只有箱子或门关闭，才能启用驱动器”的附加互锁装置。

与操作 QCL 相关的许多参数都是特定的，并且确保所选择的驱动器不是激光系统的限制因素，也非常重要。QCL 驱动器为激光器提供稳定、低噪声的电流和足够的电压，将实现更好的系统性能：即窄线宽和降低光谱漂移。如果可能，选择专门设计用于操作 QCL 的驱动器，其通常提供比标准激光二极管驱动器更高的顺从电压和更低的噪声电流，以满足 QCL 的操作要求。在评估驱动器选项时，安全功能是另一个需要考虑的方面。装备精良的驱动器可以保护您的 QCL 投资免受不正确配置、热失控和供电瞬变的影响，这些因素都有可能最终导致激光器过驱。❑

参考文献

1. C. Sirtori et al., Appl. Phys. Lett., 73, 24, 3486–3488 (1998).
2. R. Köhler et al., Nature, 417, 156–159 (2002).
3. Y. Yao, A. J. Hoffman, and C. F. Gmachl, Nat. Photonics, 6, 432–439 (2012).
4. K. Gürel et al., Photonics, 3, 3, 47 (2016).
5. S. Kalchmair et al., Opt. Express, 23, 12, 15734–15747 (2015).
6. T. L. Myers et al., Opt. Lett., 27, 3, 170–172 (2002).

CASTECH®
福晶科技

CIOE
展位号：#2A90
参展时间：2018.9.5-8

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）

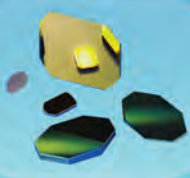

LBO


精密光学元件


BBO


NEW
光栅


NEW
CLBO


红外光学元件


NEW
TGG/TSAG


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

行业领先背后 彰显工匠精神

——记2018年藤仓–凌云第三届光纤激光与传感应用技术交流会

8 月 22 日，2018 年藤仓 - 凌云第三届光纤激光与传感应用技术交流会在金秋的北京拉开大幕，并将在随后的两周内相继登陆武汉、上海、成都、西安和深圳，为广大光纤用户提供现场学习、交流的绝佳机会。

凌云光技术集团专注于光纤激光与传感、光纤通信行业 22 年，与全球领先的特种光纤熔接设备厂商藤仓公司之间的合作更是有着长达 23 年的悠久历史，双方可谓是强强联手，共同致力于深入研究特种光纤熔接技术及应用，将不断创新的产品和专业的服务带给国内客户。

相比于去年的交流活动，今年的场面更加火爆，北京会议共吸引了 100 多位专家学者及行业客户到场参会，现场座无虚席，大家认真听取报告，积极提问。藤仓和凌云均对本次交流会非常重视，藤仓中国董事长羽生隆晃先生、藤仓公司特种熔接资深产品开发总监郑文新博士、藤仓中国销售经理李深先生，以及凌云光技术集团总裁姚毅博士和凌云光技术集团营销副总裁王文涛先生分别出席会议。



光纤市场发展背后的巨大驱动力

对于过去一年光纤市场发展的驱动因素，凌云公司营销副总裁王文涛先生表示，国内光纤激光器市场的迅猛发展，是过去一年光纤市场增长的最大推手。

随着国内制造业向着高端水平迈进，激光已成为必不可少的加工工具，而光纤激光器凭借着结构简单、光束质量好、效率高及维护成本低等诸多优势，正在逐步取代固体激光器和 CO_2 激光器，成为激光材料加工领域的主力军。

统计数据显示，2013-2017 年，全球光纤激光器市场的年均复合增长率约高达 25%；而在这五年间，国产光纤激光器更是经历了飞速发展，新兴厂商不断增多，老厂商持续扩产，光纤激光器市场空前高涨。中国的光纤激光器品牌开始崛起，已经完全主导了中小功率市场，并且也开始在高功率市场暂露头角。

需要光纤的地方，就少不了光纤熔接机的身影。国内光纤激光器市场的迅猛发展，也为熔接机带来了空前利好的市场机会，藤仓中国销售经理李深先生透露，去年客户对特种光纤熔接机的需求量都是成倍骤增。

除了光纤激光器市场外，对于另外两大光纤应用市场——光纤通信和光纤传感，“这两个市场虽然没有光纤激光器市场的发展那么迅猛，但也一直保持着稳定增长，”王文涛表示，“比如光纤传感在石油、建筑、医疗等诸多领域有着越来越丰富的应用，这是一个持续温和增长的市场。”对于光通讯市场，藤仓中国董事长羽生隆晃表示，“随着光纤固网接入增多和 5G 无线网络技术的部署，这个市场也在稳步增长，未来这个市场的增长有望更加强劲。”

藤仓在特种光纤熔接机领域的持续耕耘与创新

藤仓公司作为全球领先的特种光纤熔接机厂商，在中国市场与凌云携手服务中国用户。羽生隆晃先生介绍说，藤仓公司已经有超过 120 年的悠久历史，其产品遍布全球，在 29 个国家有 140 个分支机构；在中国市场拥有十几家子公司，员工 1 万多名。自 1983 年推出第一台保偏熔接机以来，在过去的 30 多年中，藤仓始终没有停下钻研创新的脚步，产品不断更新换代，保持业界领先水准。其主要产品包括 CO_2 激光器光纤熔接处理工作站、大芯径保偏光纤熔接机、光纤涂覆机、大芯径光纤切割刀、超声波清洁器等。

在本次交流活动中，郑文新博士跟大家分享了光纤微加工技术的发展趋势，详细介绍了光纤微加工技术在光纤激光器、光纤传感、光纤通讯及生化医疗领域的具体应用及发展趋势。郑博士可以说是特种光纤熔接机领域的泰斗级人物，现场很多参会嘉宾都是慕名而来，他的演讲内容干货满满，让大家受益匪浅。

演讲中，郑博士为大家带来了藤仓的最新产品。他介绍说，目前藤仓第三代 CO_2 激光器光纤加工设备

LZM110A+ 已经完成研发生产工作。LZM110A+ 具备 LZM-110P+ 的所有功能，并在此基础上增加了 CO_2 激光消蚀功能。消蚀功能是一项巨大的创新，有了消蚀功能，就可以在光纤上做各种微加工，比如在泵浦光纤上开槽加入信号光纤，从而开创出更多新的应用可能性。LZM110A+ 可以在热熔与消蚀功能之间实现瞬间自动转换。该设备将于 2019 年正式开始销售。

藤仓凌云强强联手服务客户

凌云公司作为国内技术实力雄厚的光学公司，始终致力于将藤仓先进的特种光纤熔接机设备带给国内用户，王文涛介绍说，“凌云作为藤仓特种光纤熔接机的代理商，我们不仅为用户提供藤仓的高质量熔接机产品，而且还会深入了解用户的实际应用场景和他们遇到的问题，为用户提供解决问题的整体方案。帮助客户解决问题，是我们工作的聚焦点。”

藤仓的好产品，加上凌云对行业应用的深入理解，双方努力做到让用户享受最好的产品、解决方案及服务。

为了增强熔接机的售后服务能力，实现本地化维修服务，解除客户的后顾之忧，凌云公司在 2008 年成立了藤仓熔接机服务中心，实现 100% 本地化维修服务，帮助客户降低维修成本，真心为客户着想。

通过与用户之间的深入沟通，凌云能够快速了解到行业客户的需求与问题，并能将这些信息及时反馈给藤仓，而藤仓会在接下来的产品开发中认真考虑用户的反馈，对产品进行不断改进和创新。凌云在前方收集客户需求，藤仓在后方潜心做好产品，双方的融洽合作，让彼此都在行业中处于领先地位。

现场培训让用户收获实实在在的技能

本次交流活动还特别设立了藤仓光纤熔接处理设备的使用培训环节，赢得了客户的欢迎与好评。

首先凌云高级客服经理李军国向参会客户详细介绍了藤仓光纤熔接处理设备的操作要点及日常维护，包括“光纤剥除 - 清洁 - 切割 - 熔接 - 涂覆”的全过程。随后金朝勇经理结合自己多年的客户服务经验，跟大家分享了藤仓光纤熔接处理设备在使用过程中的常见问题和解决方案，以及如何优化光纤熔接参数、熔接点发热问题的排查处理等客户在设备使用过程中经常遇到的问题。

培训环节结束后，还特意安排了熔接技术培训考试，学员们都表示收获满满，其中的几位佼佼者更是带着奖品满载而归。王文涛表示，培训活动能让用户对熔接机的使用操作具有更加真实的认识，一方面能为新手在日后工作中正确熟练使用熔接机打下基础，同时也能让老手们更加技高一筹。

羽生隆晃先生也表示，光纤熔接是一项技术活儿，在每届世界技能大赛（素有技能领域的奥林匹克之称）上，光纤熔接是很多选手的参赛项目，很多企业也都极其看重这项技能。这项技能的背后，实则蕴含着一种把事情做到极致的工匠精神。

这个追求快的时代更需要工匠精神

藤仓在特种光纤熔接机领域一直是市场上的佼佼者，谈及如何能在行业中保持领先地位，羽生隆晃先生提到了非常重要的一点，就是藤仓非常注重保持产品的不断更新，为此持续不断地投入新产品研发。

而要把研发水平搞上去，除了投入研发经费外，还要有愿意踏下心来去认认真真做研究的人才。在这一点上，藤仓是幸运的，因为他们拥有像郑文新博士这样的工匠型人才。已到古稀之年的郑博士，一辈子都在专注地做一件事——研究光纤熔接技术，并且在这个领域做到了极致，成为了该领域的领军型人物，从他身上我们看到精益、专注的工匠精神。也正是企业中的这种工匠精神，让藤仓在行业中保持领先。

正如藤仓 - 凌云这次活动的口号“光纤处理利器，大国工匠精神”一样，这次活动所传达出的这种匠人精神，正是值得我们这个行业甚至是各行各业都认真学习的地方。其实无论是个人还是企业，都不应该缺少工匠精神，必须能够沉下心来打造自己的核心竞争力，因为这才是立足行业的根基。

突然想到日本有个著名的定制家具品牌叫“秋山木工”，为客户制作能使用百年或两百年以上的家具，其创始人秋山利辉先生在《匠人精神》一书中讲述了他如何用八年封闭式的学习，将一个小白培养成一流匠人的故事。从秋山木工走出的人，都是行业内的佼佼者。我们不一定非要效仿秋山木工的具体做法，但完全可以学习其背后专注、将事情做到极致的匠人精神。在这个凡事追求速度、诱惑越来越多的时代，愈发需要我们慢下来思考，找到方向，定下心来，极致践行。（文 /Rossie）❑

如何在光子学行业找到合适的工作？

文/Milton Chang

每年，《财富》杂志都会发布 100 家最适合工作的公司名单，该名单是根据员工调查结果并按照一些指标评定而得出的。2018 年 3 月刊登的公司名单与过去几年的不同，这意味着从业人员所看重的东西已经发生了改变。通过查看这些指标，我们可以全面地评估一家光子学公司，同时也能为企业提出改进方法，以便为了获得更高的生产力，该如何在招聘和激励员工方面保持竞争力。

如果你花时间去深挖，你可以找到很多关于公司业务的相关信息。每条信息都可以加深你的印象、让直觉更敏锐。从以下链接中可以了解到很多上市光子学公司的大量信息（https://markets.financialcontent.com/pennwell.laserfocusworld/quote/components?Symbol=985%3A1800002214）。雅虎财经是一个很好的平台，你可以在那里了解一些最新的趋势，包括营收、盈利能力以及分析师的分析预测，这些信息将预示着短期未来会发生什么。

大多数光子学公司都是私营公司，如果你在专业领域的社交活动中比较活跃，那也不难收集到行业内的一些热点信息。与此同时，你还要对公司的核心技术和市场竞争力有个明确的判断。

薪水和福利是其次，未来职业的发展才是需要长期考虑的重要因素。实际情况是，企业必须不断发展，才能为员工提供晋升机会。相反，在晋升机会很少甚至没有机会的企业中，管理层往往会在业务不顺时对工作潦草敷衍。

最终决定企业发展的因素在于管理哲学和管理态度。公司为了发展，需要为员工提供学习机会并使他们承担越来越大的责任，以鼓励创新、新思维、乐于改变，并开展内部晋级制（https://www.laserfocusworld.com/articles/2015/07/how-to-get-a-photonics-education-10-resources-on-where-to-go-and-why.html）。许多公司允许员工休假上课，并能报销学费。这样做可能会激励新的思维，进而帮助个人和企业共同成长。

《财富》杂志的一篇文章中援引了一个案例，Adobe 公司设立奖金机制来激励所有员工对产品提建议。结果令人出乎意料，去年有 960 名员工提交了专利，其中只有 130 名来自研发团队！从这个案例中，我们得到的启发是打破陈规，以不同的方式去思考。文章还指出生产力和产品多样性之间的微妙关系，这种关系既优化了人力资源，还为劳动力注入了活力。我相信，在工程和业务之间建立密切关系，也会对创新产生重大促进作用；因为有需求的人群与拥有技术知识的人群之间进行直接互动，很有可能会碰撞出火花、找出解决方案。

本文列举了遴选 100 家最适合工作的公司的六项指标：价值观、创新、财务增长、领导效率、最大化人的潜能和信任感。此外，文章还列举了这些公司提供的一些有益尝试和福利：愉快的工作环境、沟通无碍、面对面的渠道和开放政策、扁平的管理组织、可上达天听的沟通渠道、构建和谐团体并消除隔阂、尊重每个人、彼此真诚的认可、认真听取每个人的想法、信任他人并允许其参与决策、鼓励健康的演讲和辩论，这样的组织 / 团体才能抵御冲突。此外，福利包括养老计划、401(k)（401k 计划是美国 1978 年制订《国内税收法》第 401 条 K 项的规定）和医疗保险。许多公司还强调对社会负责，并鼓励员工参与社区活动。



MILTON CHANG，曾任Newport和New Focus公司总裁，现为几家公司的董事会成员。他还是IEEE、OSA和LIA的成员。

实际上，求职者很难确定如何在这长长的评估清单中做抉择。我的建议是：回归本源，理解核心价值，并以此规范其行为。有时企业的核心价值观在使命宣言中作了陈述，很可能出现在招聘材料中。

在面试过程中，尽量将各个部分放在一起思虑周全。如果你做好了准备，可以向面试官询问你在工作中可能遇到的一些问题。❑

ILOPE
www.ilope-expo.com

ILOPE - 2018 北京光电周

Photonics Festival in Beijing

中国国际激光、光电子及光电显示产品展览会

China International Lasers, Optoelectronics and Photonics Exhibition

2018.10.10-12

北京·中国国际展览中心(静安庄馆)

中展集团北京华港展览有限公司
Tel: +86-10-84600314　84600384
Email: ilope-expo@ciec.com.cn

中国光学光电子行业协会
Tel: +86-10-84321499
Email: coema@coema.org.cn

Manz 专为切割超薄显微镜玻璃而开发的 DLC 820 激光切割系统

文/Manz集团

Manz 集团宣布其激光玻璃切割技术已正式进军医疗行业领域。Manz 集团的 DLC 820 激光切割系统专为自动化生产超薄显微镜玻璃而开发。该技术基于 Manz 的 M-Cut 激光切割工艺，已在智能手机和平板电脑的生产方面证明其自身价值，尤以保护加工材料、工艺清洁著称。

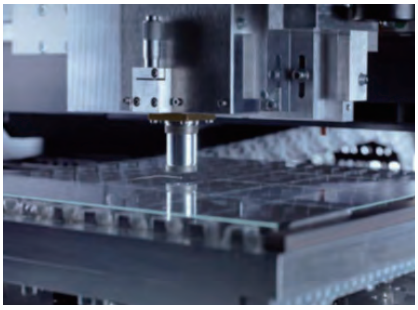


图1：DLC 820在医疗技术方满足对精度和纯净度的高要求。

全自动激光切割系统 DLC 820，是 Manz 全新 DLC 系列中可自由配置的激光切割系统中的高端型号。其所使用的 M-Cut 激光切割工艺，适用于医疗技术中对精度和纯净度方面的高要求。

M-Cut 代表改性切割：通过切割出仅 2μm 宽度的线，超短脉冲皮秒激光器对加工的玻璃基板进行了轻微的结构改变（类似于穿孔）。并且之后能以可变的几何形状，机械地分离显微镜载玻片和盖玻片。DLC 820 可以全天候全自动运行，只需要通过软件控制，就可以在无需模具的情况下调整成新的切割几何形状。与传统机械切割工艺中的 0.4m/s 的速度相比，DLC 820 的切割速度高达 1.8m/s。

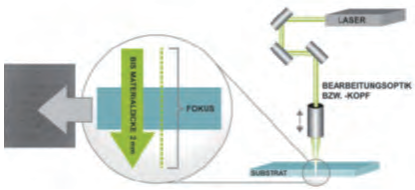


图2：采用M-Cut激光切割工艺，线性“穿孔”（直径仅为2μm）。

DLC 820 意味着更高的质量标准。通过使用 M-Cut 工艺，质量明显高于使用金刚石砂轮的传统机械切割。传统机械解决方案会产生崩边，影响玻璃基板的抗断裂性。与其他激光切割工艺相比，例如玻璃熔化或蒸发，M-Cut 工艺提供了更大的优势：边缘粗糙度小于 0.5μm；M-Cut 还可以防止由激光高温引起的微裂纹或轻微变色。

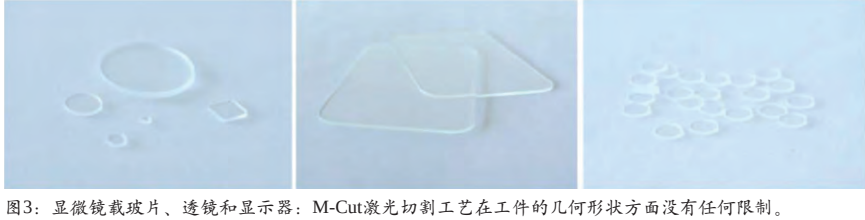


图3：显微镜载玻片、透镜和显示器：M-Cut激光切割工艺在工件的几何形状方面没有任何限制。

医疗研究和临床应用的显微镜载玻片和盖玻片，种类繁多，通常采用机械方法切割。在世界各地，需要数十种不同玻璃厚度（6 ~ 60μm）尺寸，并且用于医疗和制药行业的高达数十亿片。“使用 DLC 820 激光切割系统，制造商可以大大提高生产效率，不仅仅因为其产量比机械切割工艺高 4 倍，”Manz 集团 DLC 激光切割系统产品经理 Anders Pennekendorf 强调，“而且，我们的系统不再需要复杂的设置时间，所有流程都可以单独使用软件进行配置。”

除了显微镜载玻片，整个 DLC 产品线还可应用于化学强化玻璃制成的显示器玻璃，以及带传感器用于分子生物学中的自动化高频分析的生物芯片。

DLC 820激光切割系统的技术重点：

- 玻璃基板加工尺寸达 1.5m × 1.5m；
- 激光切割速度达到 1.8m/s，比机械切割工艺快 4 倍；
- 切割边缘的粗糙度小于 0.5μm，不需要重新抛光边缘；
- 崩边非常小，可实现显微镜载玻片的高抗断裂性；
- 全自动，无需模具，可以通过软件进行配置：制造商无需停止生产即可设置，可以快速更改小批量规格；
- 可以实现异形切割；
- 轻松集成在线测量技术，过程中自动校正，始终保持高质量和高产出。❑

深圳国际工业互联产业生态大会
暨先进制造与智能工厂展
IIOT Solutions Show 2018

2018.12.20-22

深圳会展中心

携手“ELEXCON电子展 展现3C产业智能工厂整体解决方案



- CNC
- 电子组装与检测设备
- 电子装配系统
- 激光加工设备
- 3C机器人
- 表面贴装技术
- SMT/焊接
- 数控系统
- 点胶系统
- 仪表
- 元器件制造
- 测试仪器

主办单位

博闻创意 UBM Creativity

联系我们

王先生

0755-88312133、88312522

Mike.wang@ubm.com

扫一扫
预登记参观

TECHSPEC®发散可调宽带扩束镜设计波长2μm

TECHSPEC DA（发散可调）固定宽带扩束镜对各种波长进行了优化，灵活性高，非常适合要求严苛的可调激光源。它具有 1940nm 的设计波长，可以补充波长 1900~2100nm 的激光器。它具有独特的吸收特性，能够在生物组织和塑料中进行非常小而精确的切割，因此非常适用于医疗手术和塑料加工等高精度应用，且只产生最轻微的局部发热。



提供高功率和低功率版本，放大倍率为 2 倍和 3 倍。低功率版本采用标准 7980 熔融石英基底，高功率版本采用 7979 熔融石英基底，最大限度降低基底内的红外吸收。非常适合使用高度可调的铥和钬源的医疗激光应用。

TECHSPEC DA 提供 λ/10 传输波前误差，采用熔融石英基底制造，具有出色的光学和热学性能以及稳定性。这些光学元件具有宽带防反射和激光线 V 镀膜，透射率 >99%。

爱特蒙特光学，www.edmundoptics.cn

小体积更小的3kW光纤激光器

nLIGHT 推出一款新的紧凑型 3kW 光纤激光器，此前这款产品的功率只有 2kW 和 2.5kW 在售，随着泵浦二极管技术的进步，新款激光器在保持紧凑的内部结构的同时，激光输出功率再次提高了 20%。



新款光纤激光器可以大大提高终端用户的车间利用率，同时还结合了最新技术以提高激光加工性能与稳定性。恩耐表示，在 500~1500W 的输出功率范围内，其机架式光纤激光器可以在体积缩小 15%的情况下多输出 25%的功率。

这些新激光器将扩充公司在 8kW 以内高功率光纤激光器的产品阵容，且能与市场上同类产品形成差异化。其核心优势在于针对背向反射设计了独特的硬件保护，可确保能持续加工高反金属材料。

nLight，www.nlight.net

马达端盖轴承自动化激光焊接系统

该设备采用转盘式结构，由马达端盖自动上料、轴承自动上料压装、激光焊接、焊缝检测、成品自动下料等工位组成，配置焊接吹气保护、抽风除尘、安全防护等功能。工控系统控制，友好人机界面，操作简便，稳定可靠。



系统将马达端盖、轴承上料压装、激光焊接集成于一体，自动化程度高。可根据不同需求搭配各种激光器，系统整体节拍高。各运动模组采用伺服控制，精度高，速度快，动态响应好，稳定性高。转盘驱动采用高精密分割器，定位分割精度高。轴承采用串叠排列方式上料，避免轴承刮花划伤。配置焊缝检测系统，可以检测漏焊、焊偏、零件缺失等不良情况。激光焊接采用吹气保护装置，焊缝成型质量好。实行标准化模块设计，根据不同产品工艺需要扩展工位，可接入客户流水线组合生产。

大族激光，www.hanslaser.com

Nd:YAG纳秒激光器

SOLAR LS 提供用于工业和科学应用的可靠稳定的脉冲 Nd:YAG 激光器，可在 1064 nm 处输出 1.5J，重复频率高达 100Hz。它们可以配备内置或外置二倍频（532nm）、三倍频（355nm）、四倍频（266nm）和五倍频（213nm）谐波发生器。



其中 LQ115 风冷系列 Nd:YAG 激光器，紧凑坚固，无需水冷，极佳的光束质量，连续工作模式，内置谐波发生器，Turn-key 工作模式。主要参数包括重复频率 1~3Hz，输出能量 90mJ @ 1064nm，脉宽 5~9ns，光斑直径≤ 4.5mm，发散角≤ 3mrad，能量稳定性 <4.5%。

LQ830 窄线宽激光器采用振荡器 + 放大器配置，可提供可见光和紫外范围内的高功率输出，TEM_{00} 光束质量 M^2<2，发散角 0.25mrad，脉冲能量 0.7J@1064nm/50μJ @ 213nm，重复频率 10Hz，脉宽 6~9ns，线宽 $1cm^{-1}$/$0.1cm^{-1}$（使用干涉仪）。

顶尖科仪，www.psci.cn

移师深圳

Laser South China

华南先进激光及加工应用技术展览会

2018.10.10-12
深圳会展中心

www.lasersouthchina.com

观众预登记火热进行中，登记有礼，人人有奖!

展示范围：·先进激光制造技术·高端智能装备·先进光源·光学·激光加工服务·增材制造·创新技术

扫码二维码 观众预登记

观展服务热线：
021-2020 5640
lasersc@mm-sh.com

Messe München

FemtoYL–50飞秒光纤激光器

FemtoYL 系列高功率超快激光器基于全光纤飞秒激光器架构，模块化设计，适应工业 7×24 小时生产以及前沿科学研究需求。



主要特点包括平均功率 >50W，脉冲宽度 400fs~6ps 可调，峰值功率 >250MW，重复频率 25~5000kHz 可调，脉冲能量 >100 μJ，高光束质量 M^2<1.3，支持 Burst 脉冲串功能。

FemtoYL-50 光纤飞秒激光器具有良好的通用性和功能适应性，适用于多个领域、多种材料的精密加工，例如各种材料的微纳加工、OLED 显示材料加工、半导体晶圆加工、锂电池隔膜切割、玻璃及蓝宝石切割和玻璃焊接等。

安扬激光，http://www.yslphotonics.com

卓越系列紫外脉冲固体激光器

Excellent II 355 系列半导体泵浦脉冲固体激光器包括 8.0~10.0W 等型号。该系列产品具有极短的脉冲宽度（<16ns@40K），优越的光束质量（M^2<1.2）和完美光斑特性（光斑椭圆度 >90%）。该系列激光器可广泛用于 PE/PCB/FPC 切割、玻璃 / 蓝宝石切割以及高精度细微加工的打孔、划线、切割等领域。



产品主要特性包括激光波长 354.7nm，较宽的重复频率范围（单脉冲至 200kHz）；极短的脉宽（<16ns@40K），加工时热影响区域很小；在线刷新谐波控制技术，超长时间的功率稳定性；独特的调 Q 控制技术，适合各种激光应用控制需求；全数字智能电源控制技术，可通过 RS232 部控制激光器。

深圳瑞丰恒激光技术有限公司，www.rfhlasertech.com

光纤涂覆层激光高速去除机

双光路高速涂覆层去除机采用武汉凌云光电的发明专利技术，能够很好地解决各类光纤去除涂覆层的高效、高品质加工，克服了传统工艺的诸多缺陷。

产品的主要特性包括加工速度快、时间短，单根加工速度可达 50mm/s；可加工各类单纤、带纤等；非接触式加工，没有机械应力和切痕，不损伤纤芯；劳动用工少，生产成本低；质量一致性和可靠性高，成品率高；加工工艺环保，无化学气体污染腐蚀；适宜于批量规模生产，可适合流水线自动化生产；可根据不同厂家的生产工艺要求和流水线设置定制。



武汉凌云光电科技有限责任公司，http://www.lype.com.cn

多模组连续光纤激光器

锐科激光研制的多模组连续光纤激光器系列涵盖了功率 1.5~12kW 的产品，具有电光转换效率高、光束质量好、能量密度高、调制频率宽、可靠性高、寿命长、运行免维护等优点，可广泛应用于焊接、精密切割、融覆、表面处理、3D 打印等领域。其光纤输出特性，使其更易于与机器人集成为柔性制造装备，满足三维加工的需求。

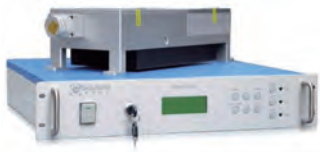


产品特性：高电光转换效率；输出光纤长度可定制；QBH 接头；免维护运行；宽调制频率范围；尺寸小，便于安装。

武汉锐科光纤激光技术股份有限公司，
http://raycuslaser.com

全固态纳秒紫外激光器

该全固态紫外激光器采用整体式设计，机械稳定性强，抗外界温度干扰性强，光束质量好，长期工作稳定性高，24/7 工业级应用。采用 RS232 远程计算机控制及外部 TTL 和 PWM 控制。



输出波长 355nm，最大脉冲能量 0.1J@30kHz，脉冲重复频率 10~150KHz 可调，脉冲宽度 <15ns@30kHz。

产品应用范围包括激光打标、快速成型、薄膜蚀刻、陶瓷切割、材料微加工、晶圆切割、微孔加工、科学研究等。

深圳市格镭激光科技有限公司，http://www.gainlaser.com

激 光 世 界

LaserFocusWorld® China

《激光世界》杂志创刊于 2005 年，是世界著名杂志《LaserFocus World》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一本专业期刊。《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、市场讯息以及中国本地市场的相关报导。在内容方面，《激光世界》中目前有50%的内容精选自获得独家授权的行业知名杂志《Laser Focus World》，其馀内容来自中国本土市场。

免费索阅



www.laserfocusworld.com.cn

ACT

Advertiser	广告商名称	网址	页码
ACS Motion Control China		www.acsmotioncontrol.cn	31
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
贝林激光		www.bellinlaser.com	25
CASTECH INC.		www.castech.com	37
COHERENT		coherent.com/microelectronics	3
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/098-8612	35
FISBA		www.fisba.com	17
ILOPE	北京光电周	www.ilope-expo.com	41
INDIUM Corp.		www.indium.com	23
IIOT Solutions Show	深圳国际工业互联产业生态大会暨先进制造与智能工厂展	www.mechatronicschina.com	43
Jenoptik Optical System GmbH		www.jenoptik.com.cn/laseroptics	15
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	19
LaserFocusCon	激光聚会	http://lfc.laserfocusworld.com.cn/	47
Laser South China	华南先进激光及加工应用技术展览会	www.lasersouthchina.com	45
Newport	理波光电	www.newport.com/resourceListing/literature	1
Pinnacle Scientific	顶尖科仪	www.psci.cn	13
PRECITEC		www.precitec.cn	5
Santec		www.santec.com.cn	IFC
VisionCon	视觉系统设计技术会议	vsdc.actintl.com.cn/VisionCon/Shenzhen/index.html	IBC
Zemax		www.zemax.com	7
II-VI		www.ii-vi.com	11

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

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

VisionCon 2018 深圳站

VisionCon 2018 视觉系统设计技术会议

机器视觉技术为打造智慧型工厂推波助澜

中国制造业的转型升级势在必行，很多制造厂商已经开始行动，无数的智慧型工厂或者说无人工厂将逐渐遍布于各个制造领域，未来的工厂中，越来越多的机器将代替人工，甚至整个制造车间将变成无人区。除了各种自动化技术、信息互联、机器人等技术外，机器视觉技术也将成为智慧型工厂中不可或缺的关键一环。

由雅时国际商讯（ACT International）与《视觉系统设计》（Vision Systems Design China）杂志主办的视觉系统设计系列会议（VisionCon），在前三年成功举办的经验基础上，为了更好的满足广大厂商和观众的需求，11月将再次登陆深圳，届时我们将邀请机器视觉产业链上各个环节的企业以及视觉系统集成商，以“机器视觉技术为打造智慧型工厂推波助澜”为主题，与大家共同探讨机器视觉技术在部署现代化智慧型工厂中的应用，内容将围绕智能制造、人工智能、机器学习、3D视觉、智慧工厂、高端机器人等热点话题，与您分享当前机器视觉行业的先进技术和解决方案。

VisionCon2018，我们在深圳期待您的参与！

地点：深圳
规模：250–300名技术和管理人员
时间：11月下旬

智能环境下的机器视觉技术

- CMOS芯片及相机技术前沿
- 光源与打光技术
- 镜头最近技术及高清成像
- 图像采集与处理技术
- 智能制造环境中的工业相机和软件技术
- 无损极清成像技术
- 机器学习与人工智能(AI）

机器视觉系统与应用

- 3D成像技术与测量、检测应用
- 红外成像技术在工业检测中的应用
- 机器视觉在智能机器人中的部署与应用
- 嵌入式视觉系统的构建及应用
- 机器视觉在电子汽车制造中的应用案例
- 视觉技术在物流仓储中的应用出
- 视觉技术在“智慧物联”中的应用

2018年合作企业（部分）

Baumer · Edmund optics worldwide · 极清慧视 UHDVISION · 今明视觉科技 · LMI TECHNOLOGIES · wordop 沃德普 · FLIR · Microview 微视图像 · SUALAB · SONY · TELEDYNE DALSA · TELEDYNE e2v · UNIVERSAL ROBOTS · CR灿锐 · 盛相科技 · ViTEX · Kvision · DZO · 华睿科技 · ADLINK · computar · ViTEX · MICROMACH · BASLER · MVZ · COOLENS 视清科技 · SENSOPART · VANCH 万千 · MONRAN · 中翰仪器 · MORITEX





联系我们　www.vision-systems-china.com

香港	深圳	武汉
852-28386298	86-755-25988571	86-27-59221554

上海	北京
86-21-62511200	86-10-84844007

主办 ACT 20

大会媒体 视觉系统设计 Vision Systems China

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

AEROTECH

www.aerotech.com
+86 (21) 5508 6731

AF0418A-LPM-ZH-CN