光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2019年11/12月 第6期
ISSN: 1817-6917

激光世界

LaserFocusWorld® China

21
高速激光微加工
实现大面积基板处理

环形激光光斑优化金属激光切割工艺 12

二极管激光器进一步提升效率和可靠性 26

VCSEL正迎来年均增长率超过30%的爆发期 38

ACT

ENDEAVOR BUSINESS MEDIA

微信公众号

Think Precise

40 Years
Creating Optopia



可调谐激光器

FREE DEMO

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

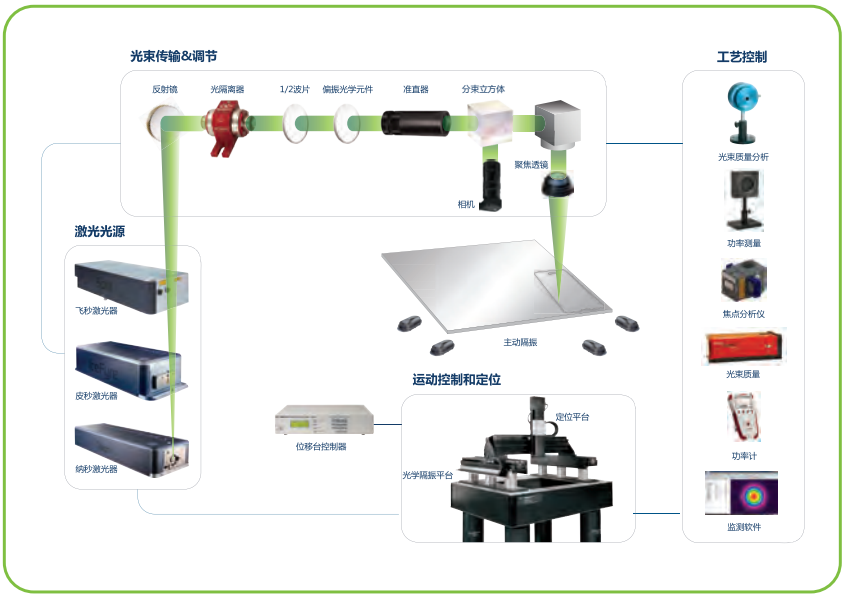


santec The Photonics Pioneer since 1979

info@santec.com
www.santec.com.cn

Surround the Workpiece®

我们为先进激光应用提供一站式服务

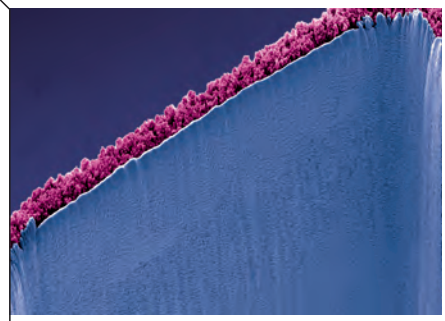


针对先进激光解决方案的市场需求，MKS 提出了 Surround the Workpiece® ，我们提供关键的元件、系统以及服务以帮助客户成功实现这些解决方案。

- 全系列激光，光子学和光学解决方案
- 应用实验室和技术支持
- 集成业务解决方案
- 研发和工程支持
- 校验和维修

了解更多产品信息，请访问 www.newport.com.cn 或拨打热线 400 799 8000

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



21 封面故事

超快激光加工

高速激光微加工实现大面积基板处理

高功率（或高平均功率）激光器和高速扫描系统相结合，实现了大面积基板的快速、精密加工。

市场风向标

10 到2025年，全球量子级联激光器市场将达4.22亿美元

应用天地

12 金属切割



环形激光光斑优化金属激光切割工艺

环形光斑显著提升了3kW光纤激光器的切割能力，其不仅提高了薄板的切割速度，而且在厚板的切割断面质量方面，也获得了大幅提升。

15 激光焊接



光纤激光器摆动焊接系统满足电信客户需求

Pyramid与SPI Lasers联合开发的光纤激光器摆动焊接系统，满足了电信客户在精密焊接深度和微量焊接热量输入方面的严苛要求。

18 紫外加工

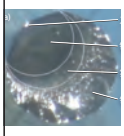


悄然增长的紫外加工应用后劲十足

5G产业的进一步发展以及柔性OLED显示屏的使用量激增，将为紫外激光加工开辟出前所未有的应用市场。

技术中心

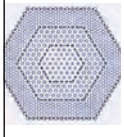
24 光纤激光器



某些情况下，切割比抛光更能获得优质的光纤增益介质端面

切割是比抛光更简单的工艺，它能为用作增益介质的某些特种光纤提供满意的端面。

25 非线性光学



首创的陷光倍频光子晶体

具有异质结构腔的光子晶体（PhC），即使只有一个带隙而不是两个带隙，也能实现双共振。

26 高功率激光二极管



二极管激光器进一步提升效率和可靠性

在巴条和热沉之间采用非焊接式金属连接的被动冷却高功率激光二极管，能在硬脉冲和连续波运行下表现出极高的可靠性。

28 VCSEL



利用VCSEL实现高分辨率功能性近红外光谱技术（fNIRS）

VCSEL已应用于智能手机、光检测和测距、以及旨在利用其潜力的一些研究领域。

31 光子学产品



光学设计软件

照明设计软件优化复杂的几何形状

照明设计软件以多种不同形式，对复杂的光学元件及其产生的照明场进行建模和优化。

36 访谈



射频CO_2激光器生存发展之道：新材料驱动新工艺

——访罗悉激光技术（上海）有限公司董事总经理丁元东先生

商业论坛

38 VCSEL正迎来年均增长率超过30%的爆发期

眼下，VCSEL正在扮演着一种颠覆性力量的角色，促发着所有光电半导体及其相关光学领域的各种创新浪潮。

6 编者的话
8 前沿简讯
40 产品撷英
44 广告索引

免费下载白皮书

SLI Light Done Right!



△ 用于宽带光源的高效可调谐滤片

www.laserfocusworld.com.cn/Spectrolight_white_paper.asp

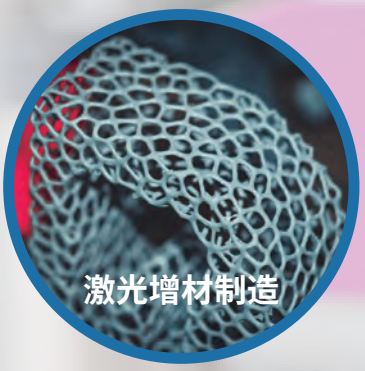
关于《激光世界》

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

《激光世界》采用简体中文印刷，双月刊，每期发行量超过 9,500 册，面向激光与光电子行业内合格的读者群。同时，我们的电子杂志和网站将覆盖更广泛的读者群。

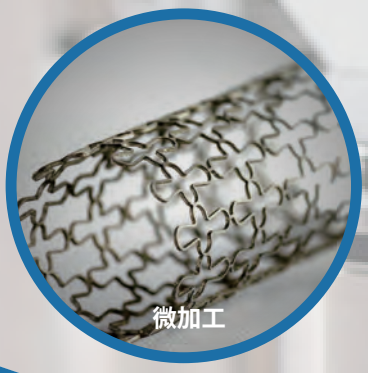
请查询本刊专业网站：www.laserfocusworld.com.cn。

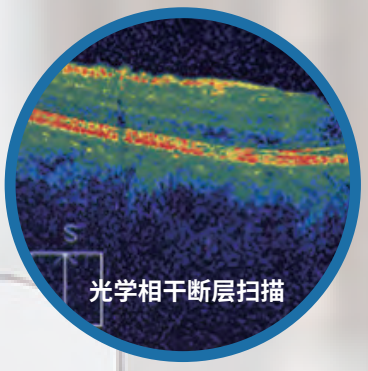
扫一扫 免费下载电子书











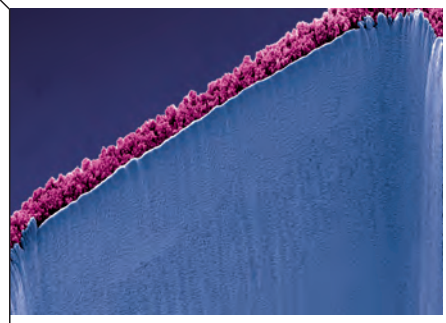
创新的激光光束扫描技术

在先进制造业、电子行业、及复杂的医疗应用领域，提供激光扫描解决方案并支持与OEM合作伙伴应用系统的整合。

如需了解更多信息，请联系我们。

www.cambridgetechnology.com
scanners@cambridgetechnology.com

CAMBRIDGE TECHNOLOGY
A Novanta Company



21 COVER STORY

Ultrafast Laser Machining

High-rate laser microprocessing handles large-area substrates

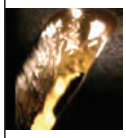
The combination of high-power (or high-average power) lasers and high-speed scanning systems processes large substrates quickly and accurately.

MARKET WATCH

10 Quantum Cascade Laser Market worth $422 million by 2025

APPLICATIONS

12 Metal Cutting



Optimization of metal laser cutting technology by ring laser spot

The ring spot improves the cutting ability of 3kW fiber laser significantly, which not only improves the cutting speed for thin plate, but also greatly improves the cutting quality for thick plate.

15 Laser Welding



Fiber laser wobble welding system to meet the needs of telecom customers

The fiber laser wobble welding system jointly developed by Pyramid and SPI Lasers meets the stringent requirements of telecom customers in terms of precision welding depth and minimizing the welding heat input.

18 UV Processing

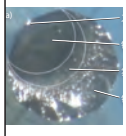


The growing UV laser processing has big potentials

The further development of 5g industry and the increasing use of flexible OLED display will open up an unprecedented application market for UV laser processing.

TECHNOLOGIES CENTER

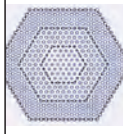
24 Fiber Lasers



In some cases, cleaving rather than polishing laser-gain fibers does the trick

Cleaving, a simpler process than polishing, creates satisfactory end faces for some specialty fiber used for gain media.

25 Nonlinear Optics



Light-trapping, frequency-doubling photonic crystal is first of its kind

A photonic crystal (PhC) with a heterostructure cavity achieves double resonance even though it has only one bandgap, not two.

26 High-power Laser Diodes



Diode-laser enhancements boost efficiency and reliability

Passively cooled high-power laser diodes with nonsoldered joints and new cooling scheme show high reliability under hard-pulsed and continuous-wave operation.

28 VCSEL



High-resolution fNIRS with VCSEL

VCSEL has been applied in smartphones and light detection and ranging, and active researches are aimed at utilizing its potential. Herein, an example of fNIRS using VCSEL of near-infrared light to achieve high resolution is introduced.

PHOTONICS PRODUCTS

31 Optical-design Software



Illumination-design software optimizes complex geometries

In its many different forms, illumination-design software models and optimizes complex optics and the illumination fields that they produce.

36 INTERVIEWS



The way of survival and development for CO_2 lasers: opening up a new road to Rome

—Interview with Mr. Ding Yuandong, managing director of Luxinar (Shanghai) Co., Ltd

BUSINESS FORUM

38 VCSEL is experiencing an explosive growth with a CAGR of more than 30%

VCSELs are proving to be a disruptive force, broadening the wave of innovation at all levels for all optoelectronic semiconductors and supporting optics.

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

About Laser Focus World China

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

Laser Focus World China is published every other month in simplified Chinese and distributed to over 9,500 qualified optoelectronics professionals in China. Through our digital magazine and website we provide coverage to an even larger audience base. Please visit our relevant website, www.laserfocusworld.com.cn.

Laser Focus World China, ISSN 1817-6917 is published bi-monthly by ACT International, Unit B, 13/F, Por Yen Building, No. 478 Castle Peak Road, Cheung Sha Wan, Kowloon, Hong Kong, under the license of PennWell Corporation, 1421 S. Sheridan Road, Tulsa, OK 74112. Copyright 2010. All rights reserved. This publication contains article reprinted from Laser Focus World magazine. Laser Focus World is exclusively owned and published by PennWell Corporation. PennWell Corporation is not responsible in any way for the editorial policy and expressly disclaims responsibility for, and makes no warranties, express or implied, with respect to the content of this publication or the performance or reliability of products described herein that are products described by independent vendors.

Bellin Laser

OVC EXPO "中国光谷" 国际光电子博览会暨论坛
OPTICS VALLEY OF CHINA INTERNATIONAL OPTOELECTRONIC EXPOSITION AND FORUM
2019年11月13-15日·武汉中国光谷科技会展中心
欢迎莅临贝林激光展位：A1-A164

IR MAX 75W | GR MAX 45W | UV 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」



飞秒
紫外 5W | 10W
绿光 8W | 25W
红外 15W | 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

敬请关注微信公众号

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　0512-65070160　www.bellinlaser.com

5G 开辟激光加工新机遇

5G 通讯时代的启动，将伴随着更加密集的基站部署，也将引发一波 5G 手机换机潮。5G 通讯的升级，要求实现更大的数据传输容量和更快的传输速度，从而也对相应的制造工艺提出了新要求。无论是 5G 的基站建设还是终端手机生产，对其中的芯片、终端天线、电路板、显示屏等核心部件，都要求精密加工，这无疑为激光加工提供了新舞台。

5G 应用正在带动紫外激光器市场快速发展，特别是超短脉冲紫外激光器。万机仪器在近期公布的季度财报中透露，紫外皮秒激光器正在为公司的业绩增长带来强有力的推动作用；相干公司、安扬激光、华日激光、盛雄激光等国内外厂商，都在加紧推出与 5G 应用相关的紫外激光产品，紧锣密鼓地部署着紫外市场。

紫外激光在 5G 相关产品制造中的应用广泛。首先是柔性电路板 FPC 的钻孔和切割。5G 对 FPC 的需求量骤增，并且要求在 FPC 上进行精密钻孔、以及对 FPC 板进行精密切割分板，这些都需要紫外超快激光才能胜任。其次是 5G 终端中的天线切割，目前 LCP（液晶聚合物）软板已经成为 5G 天线的主流材质，LCP 天线制造难度远高于传统天线，紫外激光加工是首选。此外，大量的 5G 终端手机生产，需要大量的玻璃屏切割，甚至是柔性 OLED 屏切割、手机摄像头保护片切割等，这都需要紫外激光这把“冷加工利刃”来完成。

目前，虽然紫外激光器没有像光纤激光器那样在市场上抢尽风头，但是其应用前景以及市场需求同样不可小觑。特别是最近这两年，紫外激光器的出货量陡然增长，这也预示着紫外激光加工将是今后激光加工市场中的一股新力量。目前，紫外激光器的功率正在不断提升，50W 的产品已经出现；并且脉宽正在跨越皮秒、向着更短的飞秒发展，安扬激光在今年初就推出了工业级飞秒级紫外产品，最近相干公司也有飞秒产品推出。

除了高精密的紫外激光加工外，5G 相关制造领域还需要大量的激光加工应用，如器件的打标等。总之，5G 将为激光加工带来前所未有的新机遇。

市场越来越需要高精度、高速度的精密加工。本期的封面故事，介绍了一种将高功率超快激光器与高速扫描系统相结合，实现大面积基板快速、精密加工的技术方案。此外，在本期内容中，读者还将了解到：利用环形激光光斑来提升光纤激光器的金属切割能力；通过摆动头焊接技术，实现电信元器件的精密微热量输入焊接；二极管激光器的巴条与热沉之间独特的连接方式，提升二极管激光器的可靠性；VCSEL 将在成为市场中一股颇具颠覆性的发展力量；以及几乎被人们遗忘的 CO2 激光器，将如何走出自己新的发展之路。❑

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 dbelforte@endeavorb2b.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**

ENDEAVOR BUSINESS MEDIA

尖端技术部通讯与光电子分部
副总裁 / 集团出版人 **Alan Bergstein**
电话 (1) 603-891-9178
电邮 alanb@endeavorb2b.com
副出版人/总编辑 **John Lewis**
电话 (1) 603-891-9320
电邮 jlewis@endeavorb2b.com
高级编辑 **John Wallace**
电话 (1) 603-891-9228
电邮 jwallace@endeavorb2b.com
高级编辑 **Gail Overton**
电话 (1) 603-305-4756
电邮 goverton@endeavorb2b.com
管理编辑 **Lee Dubay**
电话 (1) 603-891-9116
电邮 ldubay@endeavorb2b.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
读者服务主任 **Debbie Bouley**

地址 Laser Focus World, 61 Spit Brook Road, Suite 501, Nashua, NH 03060
电话 (1) 603-891-0123
网址 www.laserfocusworld.com

ISSN 1817-6917
© 2019 版权所有 翻印必究

II-VI

光纤激光镜片



12KW 可调
光斑切割头



激光焊接头



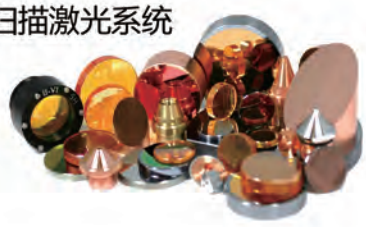


光纤光缆

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

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

锐科激光“高功率光纤激光器用大模场光纤布拉格光栅及特种光纤”项目通过验收

2019 年 10 月 28 日，武汉锐科光纤激光技术股份有限公司承担的湖北省技术创新专项重大项目——“高功率光纤激光器用大模场光纤布拉格光栅及特种光纤”，顺利通过了湖北省科技厅组织的专家验收。此项目为 2017 年湖北省技术创新专项重大项目，旨在进行核心器件的技术攻关，并在此基础上实现公司在高功率光纤激光器用大模场光纤布拉格光栅、以及刻写光栅用大模场光敏光纤等两个核心关键技术。

该项目于 2017 年 1 月 1 日正式启动，执行期两年。第一年，项目组



完成了高功率光纤激光器用 20/400μm 光纤光栅总体设计方案，并建立了完整的研发体系。第二年，项目组分别完成了大芯径 20/400μm 光纤光栅及所用特种光纤的样品、工程品研发工作，各项技术指标测试合格，并在年底实现了定型转产。

此项目的顺利验收，加强了锐科激光的核心技术实力，进一步完善了公司产业链的垂直整合，大幅降低了生产成本，为后续更高功率光纤激光器及其核心器件的研发奠定了坚实基础，极大提高了产品的市场竞争力和公司的综合实力，巩固和提升了公司在行业中的技术竞争优势，有效解决了光纤布拉格光栅产品依赖进口的局面，助力国产高功率光纤激光器行业的蓬勃发展，对我国实现高功率光纤激光器及其关键器件的国产化和产业化具有深远意义，对于增强公司核心竞争力具有重要意义。❑

安扬激光推出 920nm 飞秒光纤激光器



920nm 超快光纤激光器在生物成像、医学、材料特性分析和精细加工等方面具有广泛的应用前景；其倍频后产生的蓝光，可应用于激光显示、水下激光通信和激光照明；而结合光束变换技术产生的涡旋光束，又可应用于医学、通信、粒子操控、材料加工等领域。

为适应工业生产需求以及前沿科学研究，武汉安扬激光技术有限责任公司与深圳大学闫培光教授团队共同研发了一款工业级 920nm 飞秒光纤激光器——FemtoNL™-920nm-1。

该激光器基于全光纤架构、采用模块化设计，输出波长位于 ~920nm，平均输出功率 1W，脉冲宽度 200fs，重复频率 40MHz，具有接近衍射极限的光束质量，脉冲能量稳定，特别适用于双光子 / 多光子成像、生物医学及各种材料分析等应用。

实验证明，920 nm 超快光纤激光器作为激发光源的多种非线性成像术，如双光子激发荧光成像术（TPEF）、二次谐波成像术（SHG）和受激发射损耗荧光成像术（STED）等，在更深的穿透深度、无标签成像能力或更高的空间分辨率方面，已超越传统显微成像技术。随着在众多领域的应用实践，此类显微镜将向手持型、插入型等小型化的方向发展，这将推动双光子成像技术在术中肿瘤检测、癌症预防等医疗领域中的应用。

安扬激光推出的这款 FemtoNL™-920nm-1 光纤激光器，是一种多功能光学利器，不仅能满足生物成像方面的科研需求，还在生物学、物理学、应用科学、半导体计量学和材料加工等领域具有广阔应用前景。❑

新加坡南洋理工大学开发出缩小 1000 倍的量子通信芯片

新加坡南洋理工大学的研究人员开发了一种量子通信芯片，它比目前的量子设备小 1000 倍，并提供与量子技术同样优越的安全性。

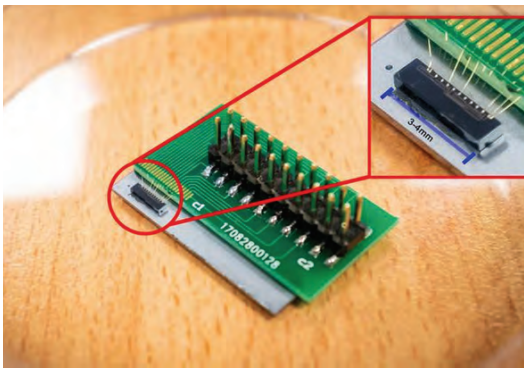
在安全通信方法中使用的大多数领先的安全标准，从 ATM 取款到用智能手机在线购物，都没有利用量子技术。个人识别号码 (PIN) 或密码的电子传送可能会被拦截，构成安全风险。

与现有标准相比，这种芯片的尺寸约为 3mm，使用量子通信算法来提高安全性。它通过将密码整合到正在传递的信息中，形成一个安全的量子密钥来做到这一点。在接收到信息后，信息连同密钥一起被销毁，这使得它成为一种非常安全的通信形式。

它需要的空间也比目前的量子通信设备小 1000 倍。目前的设备可以有冰箱那么大，甚至可以占据整个房间或办公室。新技术为更安全的通信技术打开了大门，这些技术可以部署在智能手机、平板电脑和智能手表等小型设备上。它还为更好的在线交易和电子通信加密方法奠定了基础。

刘爱群教授和梁川副教授领导的研究小组的研究结果发表在一本领先的同行评议期刊《自然光子学》上。

南洋理工大学电机与电子工程学院的刘爱群教授说：“在当今世界，网络安全非常重要，因为我们的很多数据都是用数字方式存储和交流的。几乎所有的数字平台和存储库，都要求用户输入密码和生物特征数据，但是这可能被窃听或破译。量子技术消除了这种情况，因为密码和信息都整合在发送的消息中，形成了一个量子密钥。”

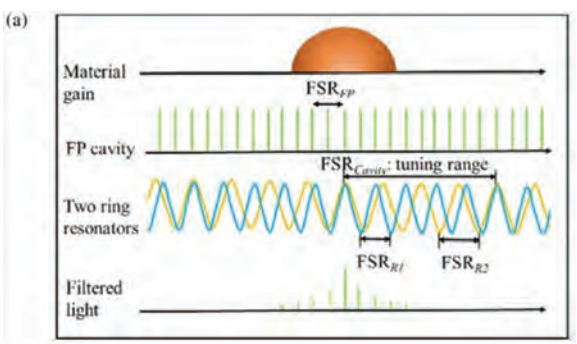


梁川副教授解释说：“量子通信的工作原理是使用随机的代码串来加密信息，只有使用正确密钥的指定接收者才能打开信息。不需要传输额外的密码或生物特征数据，这是当前通信形式的标准做法。”❑

直接在硅上生长的可调量子点激光器

可调谐半导体激光器经常出现在未来的密集波分复用（DWDM）系统和高性能计算系统的关键技术路线图中，在长途、城域网和接入网中，它们的需求越来越大。

直接在硅（Si）上产生这种激光的能力可以促进硅光子学的使用，甚至在芯片规模上也可以促进光学数据传输的发展。此外，仅仅使用硅作为一种廉价的大直径衬底用于设备生产是非常有利的，因为得益于硅微电子几十年的发展，这种制造方式可以利用高度优化的加工技术和规模经济。



图：可调谐激光器调谐原理示意图，该激光器由两个耦合到一个公共 FP腔的全有源环形谐振器组成。

来自美国加州大学圣巴巴拉分校的研究人员，报告了一种可直接生长在硅上的可调谐单波长量子点（QD）激光器。高载流子约束和量子点的真实点密度降低了对晶体缺陷的敏感性，即使在晶格不匹配的材料系统中，也能实现卓越的激光性能。量子点的离散态密度产生了独特的增益特性，与量子阱相比，该特性有望改善器件性能和新功能，包括高温稳定性、低阈值操作、减少侧壁复合和无隔离稳定性。

研究人员实现了一种简单架构，以实现超过 45dB 的侧模抑制比，而不涉及再生步骤或亚波长光栅光刻。在室温连续波电注入下，实现了 16nm 的调谐范围，每个调谐波长的输出功率超过 2.7mW。这项工作代表了使用 III-V/Si 外延形成高效、易于制造的片上硅光源的一个步骤，不仅可用于 DWDM 网络，也可用于光谱、生物传感器等许多其他新兴应用。❑

到 2025 年，全球量子级联激光器市场将达 4.22 亿美元

文/LFWC

来自市场研究公司 Markets and Markets 的一份关于“量子级联激光器市场”的最新报告预测，到 2025 年，全球量子级联激光器（QCL）市场将有望从 2019 年的 3.35 亿美元，增长到 2025 年的 4.22 亿美元，在此预测期内的年均增长速度为 3.9%。其中，QCL 在气体传感和化学检测领域的应用越来越多，以及医疗保健领域对 QCL 的需求逐渐增多，是推动 QCL 市场增长的两大关键因素。

从预测图中看，虽然目前全球 QCL 市场的规模并不大，增长速度也不是很快，但它却是一个一直在稳步增长的市场。在全球经济大环境充满动荡因素的当下，或许稳定才是一剂最能让人安心的良药。

法布里-珀罗（FP）QCL将在2019-2025年期间以最高的复合年增长率增长

在预测期内，FP 制造技术生产的 QCL 将以最高的复合年增长率增长。FP-QCL 是最简单的量子级联激光器，并且能够提供非常高的功率。它们属于宽增益、低成本的 QCL，主要用于高功率 QCL 器件。FP-QCL 主要用于军事领域。这些 QCL 在多模光下工作，工作电流大，范围宽。

连续波工作模式的QCL将主导QCL市场

预计 2019 年，连续波（CW）工作模式的 QCL 将在市场上占据最大的份额。连续波工作模式能够提供不间断的激光束，这是通过 QCL 的恒定泵浦实现的。在连续被工作模式下，光波的振幅和频率都是恒定的。工作在连续波模式下的 QCL，需要稳定的输出功率。与脉冲工作模式的 QCL 相比，连续波工作模式的 QCL 的电路更加简单。连续波是在最大占空比下获的。

2019年，北美是最大的QCL市场

从销售额方面来看，预计 2019 年北美将成为最大的 QCL 市场。北美 QCL 市场的增长，主要归因于医疗领域越来越多地采用基于 QCL 的呼气分析仪，以及在军事和国防领域越来越多地使用基于 QCL 的直接红外对抗（DIRCM）设备。

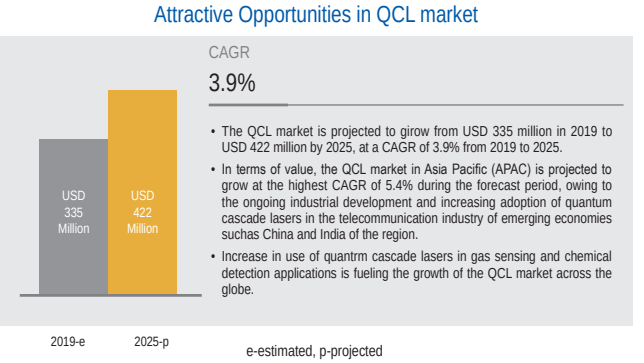


图1：量子级联激光器市场的增长机会。

此外，市场上一些具有相当实力的公司，如 Thorlabs、AdTech Optics、Block MEMS LLC、Wavelength Electronics、Pranalytica 和 AKELA Laser Corporation， 都在积极地参与到 QCL 市场中来，他们也为北美地区 QCL 市场的增长做出了巨大贡献。

电信用QCL市场增长最快

在预测期内，预计电信领域将是 QCL 技术最主要的应用市场。QCL 在通信领域的应用，有可能进一步推动自由空间光通信应用对基于 QCL 的器件的需求。自由空间光通信具有带宽无限、安全性高、成本低等优点，是一种非常有前途的解决方案。QCL 是红外波段最理想的光源，适用于自由空间光通信。

亚太地区的QCL市场增长最快

预计在 2019-2025 年期间，亚太地区的 QCL 市场将以最高的复合年增长率增长，这主要是因为中国和印度等新兴经济体，在工业制造基础设施建设方面的需求和投入

不断增加，同时在军事和国防领域的支出也在不断提升。在亚太地区的发展中经济体中，QCL 的商业化应用还正处于起步阶段。不过，中国、印度和日本等国正在采取研发投资等行动，以推动 QCL 的广泛应用，预计这些举措也将推动未来亚太市场对 QCL 的需求。

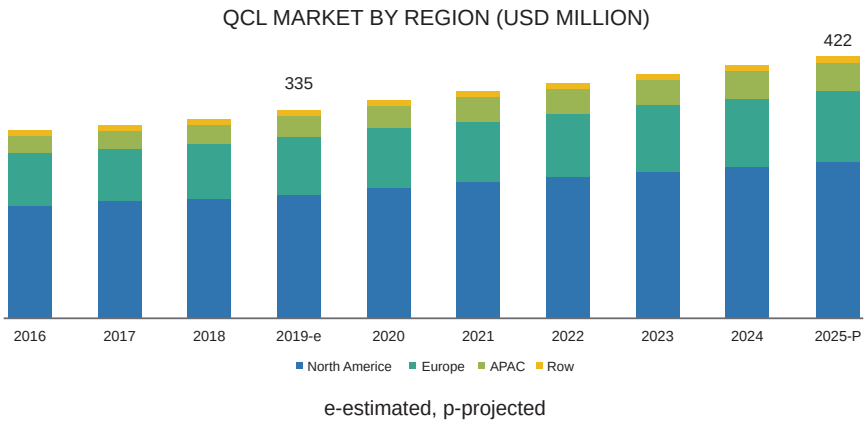


图2：按地区划分的QCL市场规模。

主要市场参与者

目前，QCL 市场中的主要公司包括：Thorlabs（美国）、滨松光子（日本）、mirSense（法国）、Emerson Electric（美国）、Block MEMS（美国）、Wavelength Electronics（美国）、Pranalytica（美国）、DRS Daylight Solutions（美国）、PNNL（美国）、nanoplus Nanosystems Technologies（德国）、Lasermax（美国）、Picarro（美国）、Akela Laser Corporation（美国）、Aerodyne Research（美国）、Alpes Laser（瑞士）、Power Technology（美国）、Boston Electronics Corporation（美国）、MG Optical（德国）、SacherLaser Technik（德国）、AdTech Optics（美国）、Longwave Photonics（美国）和 Eluxi（英国）等。

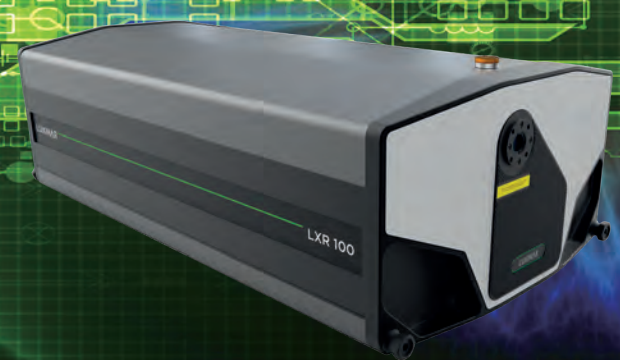
不难看出，目前主要的 QCL 厂商都是国外公司，以美国公司居多。国内公司多是选择做 QCL 代 下转第20页

LUXINAR
罗悉激光

Luxinar 罗悉激光 – SR 系列 封离型CO_2 激光器：

- IP66 高等级封装，无惧灰尘、高温、水淋等恶劣工况
- 小巧紧凑，易于集成与维护
- 增强型自诊断系统
- 波长可选：10.6μm, 10.25μm, 9.3μm。





适用材料：橡胶、塑料、复合材料、亚克力、玻璃、纺织品、木制品、陶瓷、薄板金、FR4覆铜板...
工业应用：切割，标记，穿孔，焊接、雕刻

获取更多应用资讯
微信关注罗悉激光

上海浦东新区外高桥保税区加枫路8号5楼02室 • 021-6106-9917 • Info.cn@luxinar.com www.luxinar.com

金属切割

环形激光光斑优化金属激光切割工艺

环形光斑显著提升了3kW光纤激光器的切割能力，其不仅提高了薄板的切割速度，而且在厚板的切割断面质量方面，也获得了大幅提升。

文/王锦军，上海飞博激光科技有限公司

光纤激光器由于光电转换率高、运行和维护成本低、易于集成等优势，从2010年开始在激光切割应用中逐渐取代了YAG棒状激光器和CO_2气体激光器。2015年，全球范围内材料加工领域中的光纤激光器订单额首次超过了CO_2激光器，成为一个里程碑事件。此后，光纤激光器在切割中替代CO_2激光器的进程更加迅速。随着500~6000W国产光纤激光器的成熟，光纤激光器已经成为目前国内工业激光切割机使用的主流激光器。

激光切割金属过程

激光切割是利用聚焦的高功率密度激光束照射金属材料，被照射的金属材料迅速熔化、汽化、烧蚀或达到燃点，再借助与光束同轴的高速气流吹除熔融物质，从而将工件割开。但是，在激光切割板厚度较大时，如5mm以上，割缝前沿和侧边会发生光束多次反射，并且由于割缝底部的倾角增加，底部反射点处对激光的吸收也增加，因而容易造成割缝前沿中下部局部过热（见图1、图2）。

以厚板碳钢的切割断面为例，切割断面可以分为三个区域（见图3）：

最上层：光束直接穿透区域，表现为精细且垂直的条纹；

中间层：搁架状区，大部分光束在该区域被材料吸收；

最下层：冲刷区，过热的熔融物从此区域流出切缝，并带走较多的熔化材料。

由于激光在割缝中间层发生多次反射造成局部过热，最终会导致切割断面粗糙，甚至出现类似弹孔的缺陷。对于碳钢切割，缺陷一般会在中间层产生。

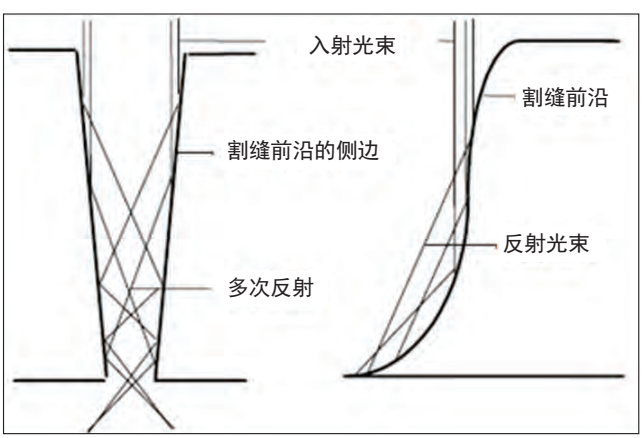


图2：激光切割厚板时，割缝前沿和侧面发生激光多次反射现象。

焦平面光斑能量分布类型

激光器的切割



图1：激光切割时的割缝。

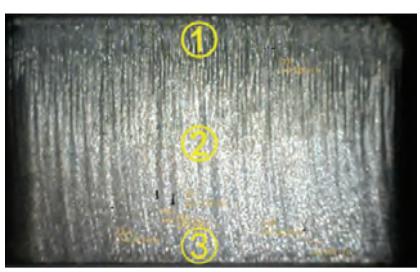


图3：3kW切割厚度为22mm的碳钢，较好的切割断面。



图4：3kW切割厚度为22mm的碳钢，较差的切割断面。

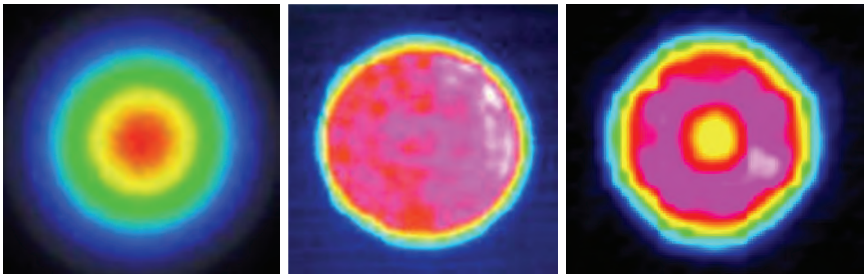


图5：从左至右分别为焦平面上高斯光斑、平顶光斑和环形光斑的激光能量分布示意图。

表1：不同类型光斑的光纤激光器的切割能力对比

切割能力指标	高斯光斑	平顶光斑	环形光斑
切割速度	薄板切割速度快 厚板切割速度慢	适中	更快
切割厚度	主要切割薄板 厚板切割能力差	适中	更厚
切割质量	薄板切割断面质量好 厚板切割质量差	适中	更好

能力和激光能量分布紧密相关。常见的激光能量分布形式有高斯、平顶、以及最新的环形。图 5 中光斑区域能量密度从高到低依次是：红色、黄色、绿色、蓝色。经过实际的切割验证，各种能量分布的光斑的切割能力特点如表 1 所示。

环形能量分布光斑对激光切割能力的优化

对于切割版平顶光斑的 3kW 光纤激光器而言，采用 50μm 光纤芯径可以提升薄板的切割速度；但为了提升厚板切割能力，就需要增大光纤芯径。目前市场上的 3kW 光纤激光器通常采用 100μm 光纤芯径，而采用此类型的光纤芯径会降低薄板的切割速度。如何同时兼顾薄板和厚板的不同切割需求？这对激光器而言是一道技术难关。

环形光斑中心能量密度较低，可以减少弹孔状切割缺陷，提升厚板



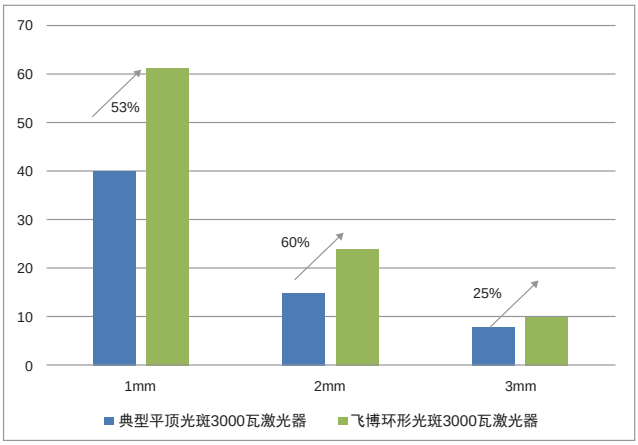


图6：环形光斑和平顶光斑的3kW激光切割304不锈钢薄板的速度对比。

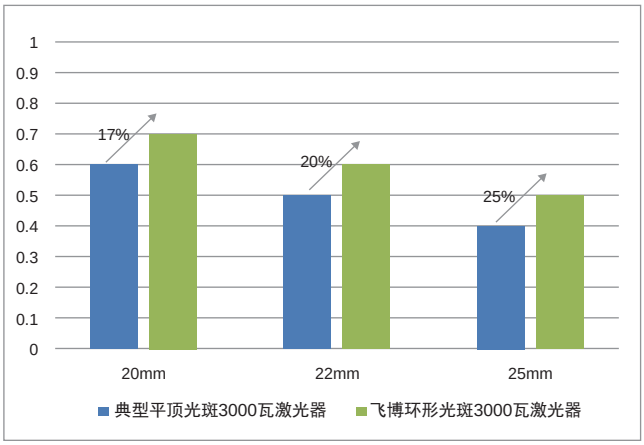


图8：环形光斑和平顶光斑3kW激光切割Q235碳钢中厚板的速度对比。

切割能力（包括切割速度和切割质量）。同时，在此基础上采用 50μm 的光纤芯径，可以提高对薄板的切割能力。因此，通过优化激光能量分布，能够大幅提升对金属薄板和厚板的切割能力。

薄板不锈钢切割效率更高

激光切割不锈钢时，通常采用氮气辅助的熔化切割工艺。在激光熔化切割薄板金属的过程中，金属材料吸收激光能量后转化成热能，使金属被熔化，并向切缝周边传导小部分热量。从热平衡理论计算，忽略损失的传导热量，熔化切割具有如下的经验公式：

$$P=K*(T*V*\omega)$$

其中，P 代表材料吸收的激光功率，K 是一个由板材决定的固定数值，T 代表板材厚度，V 代表切割速度，ω 代表切缝宽度。从这个公式中可以看出，在材料吸收的激光功率一定的情况下，切缝宽度 ω 越小，切割速度越快。采用高光束质量激光切割薄板时，切缝宽度 ω 可以达到极小值，因此在吸收相同激光能量的情况下，高光束质量的环形光斑激光器可以实现更高效的切割。

采用 50μm 细芯径的光纤，可获得更小的汇聚光斑，实现极高的光功率密度，相比于普通的 100μm 芯径的平顶光斑激光器，相同功率下环形光斑激光器可以大幅提升薄板切割速度。图 6 中对比了分别用环形光斑和平顶光斑的 3kW 激光切割 304 不锈钢薄板的速度。从图中可以看出，相较于普通平顶光斑 3kW 激光器，环形光斑 3kW 激光器切割 1mm 不锈钢板的速度大约提升了 50%；切割 2mm 不锈钢板的速度大约提升了 60%。

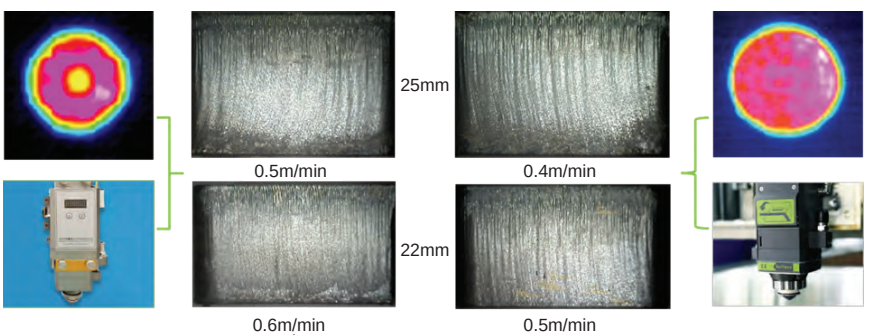


图7：平顶光斑3kW和环形光斑3kW切割断面对比。

厚板碳钢切割质量更好

碳钢厚板切割一直是光纤激光器在切割上的应用难点。影响碳钢切割的因素比较多，除了如气体纯度、切割头准直聚焦特性、喷嘴类型等，激光束焦平面光斑的能量分布也有重要影响。对光斑能量分布进行优化后，20mm 及以上厚度的碳钢板的切割断面质量有了较大提升。

从图 7 中可以看出，用环形光斑 3kW 激光器切割碳钢厚板时，不仅切割断面质量更佳，而且切割速度也有提升。

小结

目前光纤激光器已经成为激光切割设备的首选。环形光斑显著提升了 3kW 光纤激光器的切割能力，其不仅提高了薄板的切割速度，而且在厚板的切割断面质量方面，也获得了大幅提升，这对提高激光切割机终端用户的生产效率和利润率大有裨益。预计环形光斑光纤激光器将会成为越来越多激光切割机厂家和终端用户的最佳选择。❑

激光焊接

光纤激光器摆动焊接系统满足电信客户需求

Pyramid与SPI Lasers联合开发的光纤激光器摆动焊接系统，满足了电信客户在精密焊接深度和微量焊接热量输入方面的严苛要求。

文/SPI Lasers

2019年，SPI Lasers公司接到Pyramid Engineering的请求，后者希望SPI Lasers能提供一台激光器，以帮助一家电信客户开发一套新型激光焊接系统（见图1）。



图1：最终帮助客户完成的激光焊接系统。

作为一家为金属密封件和电子产品气密性封装提供高精度焊接系统的领先设计者和集成者，Pyramid正在为其现有的灯泵Nd:YAG激光器寻找替代产品，并希望使用光纤激光器为其客户提供更高的速度、生产效率和成本效益，同时也使激光源具有更大的通用性。

Pyramid提供的焊接系统通常都是根据客户的特殊要求定制的，包括手套箱、气闸室、真空气体烘烤炉、三向（3-way）运动，并配有各种自动化程度的过程控制设备。

Pyramid找到SPI Lasers公司，他们发现SPI的redPOWER-CW系列高功率光纤激光器是理想的选择，它们是高质量、可重复性激光源的完美融合，同时还能提供卓越的客户服务。考虑到在最初的系统构建过程中，他们需要与选定的供应商紧密合作，因此Pyramid决定选择SPI Lasers作为合作伙伴。

具有挑战性的应用

Pyramid的大多数激光焊接系统都使用至少一个手套箱（glovebox），允许控制或调节气体，这对焊接应用而言特别具有挑战性。



图3：激光手套箱（glovebox）的设置。

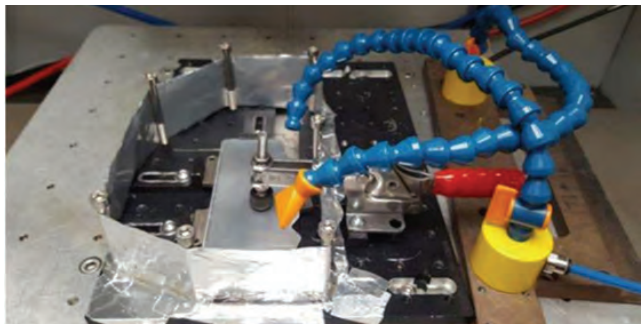


图2：带有封闭槽和氩气输送管的SPI试验站。

Pyramid现有的YAG解决方案，采用一个固定光学焊接路径和精密数控运动控制焊接台。SPI Lasers的解决方案引入了摆动焊接（受控的激光螺旋运动，产生熔池），它使用带有扫描头的单模高功率激光，快速移动激光束以产生熔池。高光束质量和小聚焦光斑尺寸，创建了一个受控的匙孔，使零件的热量输入最小化。该工艺的优点是焊接深度和焊接宽度可以独立控制；扫描头参数可以调节，以控制焊接形状。通过摆动控制熔池，也可以大大减少焊接飞溅，从而获得更高质量的焊缝，并避免焊缝出现裂纹。

Pyramid致力于为客户提供采用最新技术的先进设备，力求实现尽可能高的制造标准。这也是为什么他们热

衷于为自身的焊接系统寻找替代激光源和加工工艺的原因。利用 SPI 的光纤激光器，Pyramid 很快就看到了明显的改进：光纤激光器和摆动焊接工艺确实比其现有的解决方案更能满足要求，主要体现在以下几个方面：

（1）摆动焊接与固定光学焊接路径相比，具有如下特性：

- 光纤激光器的焊接速度比 YAG 激光器快 10 倍；
- 焊接深度和焊缝宽度可以独立控制；
- 无论在结构上和视觉上，都获得了更好的焊接效果；
- 在激光源和光束 / 部件操控方面，节省了成本；
- 单位焊接长度的热量输入更低。

（2）光纤激光器与 YAG 激光器相比，具有如下优势：

- 光纤激光器的墙插效率为 30%，灯泵 YAG 激光器的效率仅为 2%；
- 光纤激光器不需要灯泵，成本更低；
- 光纤激光器的维护操作大大减少；
- SPI Lasers 采用“Fit & Forget”技术，将备件需求降到最低；
- 降低了冷却要求；
- 大幅缩减了在激光器的体积；
- 光纤激光器不需要定期校准。

焊接评估

在焊接试验站（见图 2、图 3）中，安装了一台 redPOWER 2kW 的单模光纤激光器（M^2<1.1），其光束传输光学元件为 100mm FL 准直器和 25mm FL 扫描物镜，产生 51μm（$1/e^2$）的焦斑尺寸。

该试验应用成功地完成了铝盖（4047 级）在复杂铝体（6061-T6 级）上的密封角焊缝，该角焊缝中包含了许多形状复杂的焊缝。

在焊接过程中，使用氩气作为保护气体，氩气通过图 2 所示的两个输送管道输送到工件上；工件被封闭在一个“槽”中，以维持零件周围的保护气体。

初步试验证明，通过合理地确定一系列参数，该光纤激光器成功地将这两种材料焊接到了一起，并且获得了良好的焊接质量。

该系统是专门为客户制造复杂产品而设计的，由于这些产品最终将用于电信行业，因此在制造过程中，特别要求满足以下两个关键条件：

（1）焊接深度保持在 0.5~0.75mm 之间；

（2）由于封装中包含精密光学元件，因此必须将热量输入降至最低。



图4.1：焊接图像，圆形焊接路径。

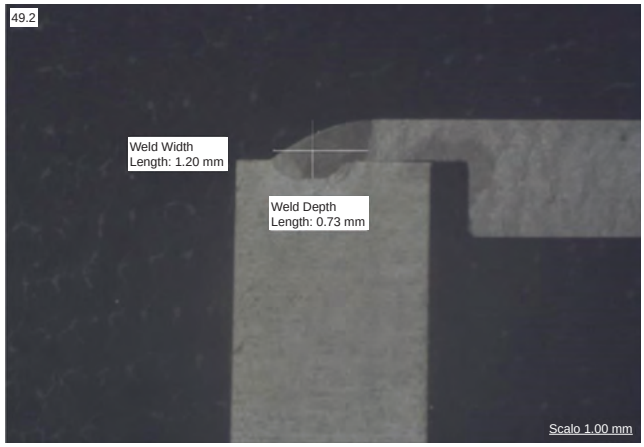


图4.2：焊接图像，截面切割。

使用摆动焊接头，焊接路径和焊接模式都是可配置的；使用 50μm 的光斑尺寸，激光束能够在可配置路径（如圆形、线性或任意形状）中“摆动”至 2mm 的宽度。该焊接系统还对模式进行了优化，以满足客户的关键要求（见图 4.1、4.2）。

在整个特殊形状的焊接过程中，这套光纤激光焊接方案都保持了很高的焊接速度；而且，除了激光扫描头之外，整个焊接系统中不再有其他的移动部分。此外，该焊接系统还能提供集成的视觉系统，以便在需要的情况下，对产品的焊前和焊后状况进行检验。

结论

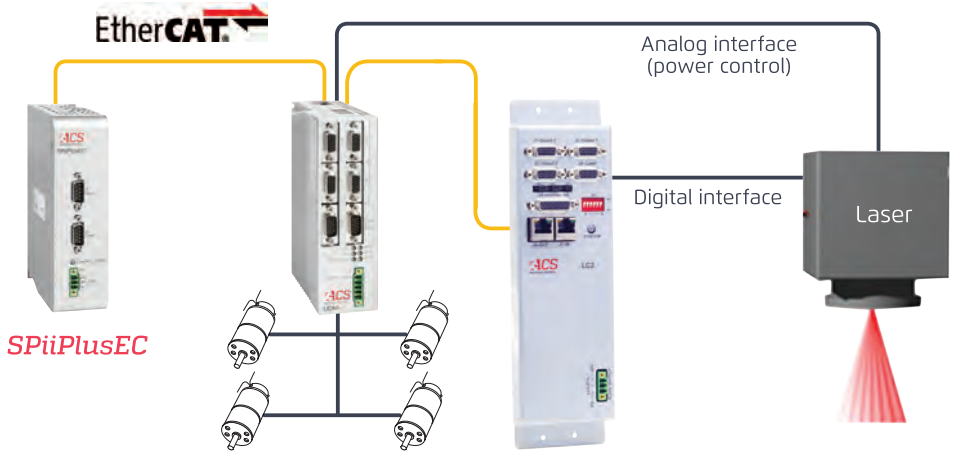
该试验焊接项目表明，Pyramid 和 SPI Lasers 在解决具有挑战性的焊接需求方面，双方通过密切合作取得了令最终客户满意的结果。这也显示了使用光纤激光器比 YAG 激光器能够带来的显著优点，以及摆动焊接在定制焊缝轮廓以满足特定要求方面的价值。❑



精确度
吞吐量

智能运动
专注于激光微加工

ACS 运动控制
激光微加工运动控制系统解决方案 专家



* Application Example

Web

Laser Processing

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

紫外加工

悄然增长的紫外加工应用后劲十足

5G产业的进一步发展以及柔性OLED显示屏的使用量激增，将为紫外激光加工开辟出前所未有的应用市场。

文/LFWC

紫外加工基本已经成为了精密冷加工的代名词，其在材料加工应用中有着其他激光源所不具备的独特优势。最近几年，随着制造领域对精密加工的需求不断增多，紫外激光器市场也在悄然成长，并且呈现出了有望强劲增长的势头。

万机仪器（MKS Instruments）在近期公布的季度财报中透露，紫外皮秒激光器正在为公司的业绩增长带来强有力的推动作用。MKS 现任 COO John Lee 表示，5G、增材制造和太阳能电池生产，将为激光微加工带来更多增长机会，并且预测用于工业加工的紫外皮秒脉冲激光器将会迎来高增长。MKS 的 25W 和 50W 紫外激光器销售喜人，并且在即将到来的 2020 年 Photonics West 上，MKS 将展示在紫外超快激光技术方面取得的新进展。



图1：Spectra-Physics IceFyre 355-50紫外皮秒激光器。

功率提升

紫外激光器的发展，首先体现在功率的不断提升上。

MKS Instruments 今年 6 月份发布了输出功率大于 50W 的工业级紫外皮秒激光器 Spectra-Physics® IceFyre® 355-50（见图 1）。这款产品是专门针对 24×7 的工业应用环境而设计，因此它除了具备大于 50W 的平均输出功率、10ps 的脉宽、1~10MHz 的重复频率等卓越的性能外，在成本上也非常具有竞争力，非常适合工业生产线上的大批量、高质量微加工应用，是 5G 电子元件和柔性印刷电路、OLED 和柔性显示器、太阳能光伏电池等大批量材料微加工的理想选择。

相干公司向更快的飞秒脉冲迈进了一步。今年 7 月，相干公司推出了 Monaco 工业级飞秒激光器（见图 2），这款产品可以提供红外、绿光和紫外输出，其中紫外输出波长 345nm，输出功率 25W，脉宽 <350fs，脉冲重复频率 >1MHz，它在加工中产生的热影响区 <10μm，是一把锋利的“激光刀”。这款产品也是针对 24×7 的工业生产环境而设计，可靠性高，非常适用于大批量、高精度的加工现场，能够胜任 OLED 模组切割、半导体晶圆切割、薄膜及箔材切割、显示器触摸传感器切割以及柔性材料加工等任务。



图2：相干Monaco飞秒紫外激光器。

安扬激光在 2019 年初，就推出了平均输出功率达 30W 的紫外飞秒激光器 FemtoYLTM-UV，输出波长 343nm，脉宽 300fs，脉冲能量高达 60μJ，重复频率 500kHz~5MHz，光斑模式优良，提供稳定可靠的 24×7 操作，适用于工业生产环境。

紫外激光器正在朝着更高功率、更短脉冲（皮秒、飞秒）和更高重复频率发展。

5G催生的FPC加工市场

5G 的部署，不仅对柔性线路板 FPC 的需求量成倍增长，同时也要求其向着高频、高速、大容量、高集成度的技术趋势发展，进而要求生产过程中的各项指标进一步提升，包括层数越来越多、线条精度更高、线宽线距变小、孔径越来越小等。

（1）FPC 精密钻孔

FPC 指标精度的提升，比如要求更精准地钻出更多、更细小的孔，对加工精密性提出了极高的要求，而这正是紫外激光大显身手的好机会。

最近，瑞士的一家 PCB 制造商 Cicor 就采用了 ESI 公司（万机仪器旗下公司）的紫外激光钻孔技术。据悉，Cicor 是欧洲第一家投资紫外钻孔技术的公司。ESI 专门为 Cicor 的生产需求而优化的这套紫外激光钻孔系统称为 CapStone，它利用光束定位技术来帮助 Cicor 公司越来越多的客户，在柔性印刷电路板（FPC）中加工盲孔和通孔（见图 3）。目前，该系统能钻出直径 35μm 的盲孔。

CapStone 系统可以在单一过程中，实现钻孔和介质清洗。其中的 ESI AcceleDrill 光束定位技术，使系统能够利用新激光器的高功率和高重复率来提高处理效率。该系统专门针对广泛应用于智能手机和其他手持设备等消费电子产品中的 FPC 加工进行了优化。

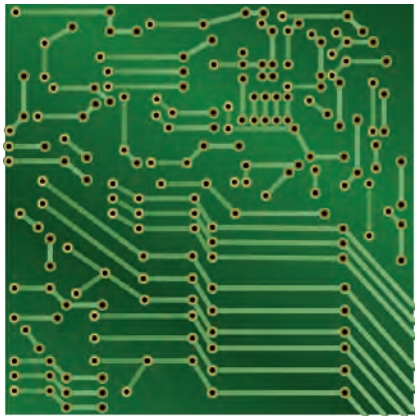


图3：紫外激光在PCB板上钻出精密细小的通孔。

（2）FPC 精密切割 / 分割

武汉元禄光电技术有限公司是国内一家专注于微精密激光加工的厂商，该公司针对 FPC 加工应用开发了紫外激光 FPC 分割设备。

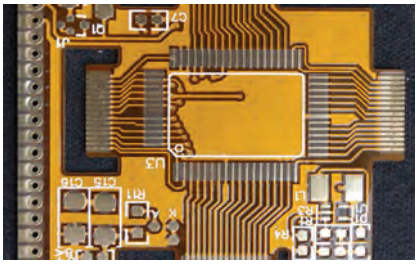


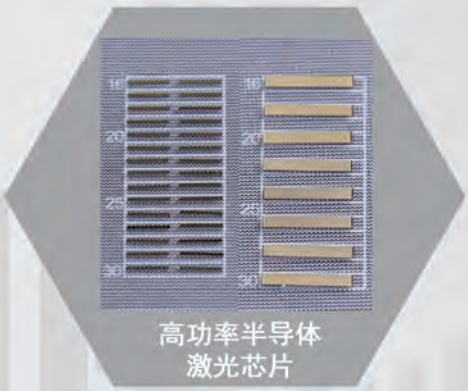
图4：紫外激光切割柔性电路板FPC。

元禄光电生产的紫外 FPC 激光切割机，采用 355nm 紫外激光器，聚焦光斑最小可达 10μm，功率范围 10~20W。配备 CCD 视觉自动定位功能，定位精度可达 ±3μm，振镜重复精度 ±1μm，切割尺寸精度 <30μm，切割热影响区小至 10μm（见图 4）。

EVERBRIGHT
心所往 · 光所至

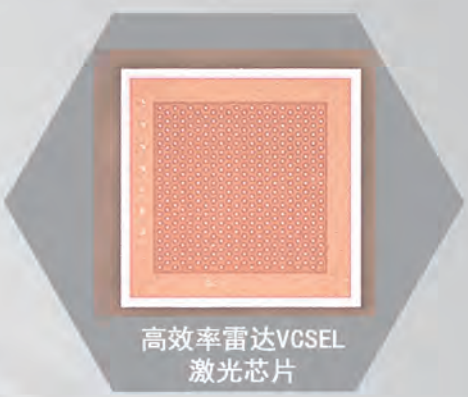
中国激光芯，光耀美好生活

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



高功率半导体激光芯片

中心波长：915/976nm
输出功率：12-20W
发光区宽度：90-180μm



高效率雷达VCSEL激光芯片

中心波长：940nm
结构：TOF、SL
*波长、功率、尺寸、孔径等可定制



高速光通信激光芯片

中心波长：1330/1550nm
结构：DFB、FPLD
速率：2.5G、10G

微信扫一扫
获取长光华芯更多资讯

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

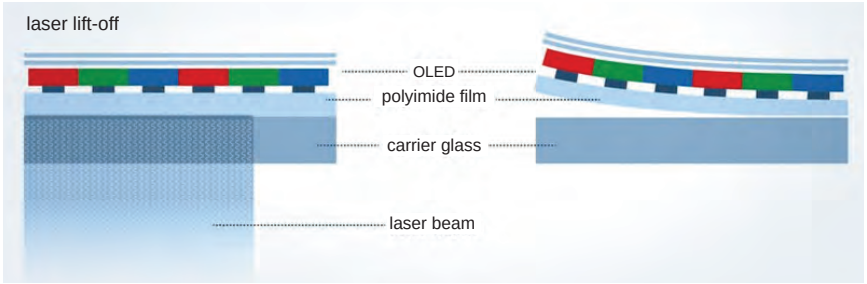


图5：激光用于柔性OLED显示屏的剥离工艺。（来源：Trumpf）

适用于 FPC 软板、软硬结合板的外形激光切割、分板、钻孔，切割边缘齐整圆顺、光滑无毛刺、无溢胶。

柔性OLED显示屏制造

随着可折叠柔性屏手机的推出，柔性显示屏成了一个新的关注焦点。据悉柔宇科技这家致力于柔性屏生产的国内厂商，曾在三个月狂揽 40 亿柔性屏订单，现在正在与中国移动合作推出柔性屏手机。目前，华为、小米等都在推柔性 OLED 屏手机，柔性 OLED 显示屏市场前景看涨。

柔性屏 OLED 显示屏的生产制造离不开紫外激光器。柔性 OLED 显示屏具有及其复杂的分层结构，在制造过程中对精度要求极高。其中的很多切割和剥离工艺，都需要使用紫外激光获得更好的加工效果。

越来越多的激光公司开始布局柔性 OLED 切割市场，从行业巨头相干、通快到华工激光，以及国内的华日激光、安扬激光、英诺激光、卓镭激光等众多企业都在发力这个市场。

通快的 TruMicro 8320 纳秒紫外激光器，就是专为大批量 OLED 柔性显示屏的生产而设计的，非常适用于柔性显示屏的剥离工艺。激光剥离工艺在柔性屏生产中发挥关键作用：紫外激光将聚酰胺薄膜从载体玻璃上剥离，同时又不会损坏其之上的有机半导体层（见图 5）。



图6：适用于柔性OLED屏切割的紫外皮秒激光器。

相干公司推出的新一代 HyperRapid NXT 高功率皮秒激光器（见图 6），在发射 355nm 的紫外波长时，能提供 30W（脉冲能量 75μJ）的紫外光平均功率，脉冲重复频率从单脉冲到 5MHz，非常适用于 OLED 切割应用。

小结

随着 5G 产业的进一步发展，以及各大电子产品制造商对柔性 OLED 显示屏的追逐，必将伴随着紫外激光器市场需求的快速增长。一些激光企业早就预见了这股发展热潮，积极部署。这股发展后劲十足的浪潮，将有望快速促进紫外技术自身的发展，以在功率和脉宽方面出现更大的突破，同时拓展出更多新的应用领域。❑

上接第11页

理或者封装业务，这可能很大程度上是因为 QCL 的制造难度高、成本高，公司难以接受在研发资金和时间上的大量投入，因此现在国内多是一些国家院所在开展 QCL 方面的研究。

Alpes Lasers 在 QCL 市场中排名第一。近年来，该公司不断加大研发投入，开发出了独特的、最先进的 QCL 产品。

利用该公司生产的 QC-XT 量子级联激光器，能够在一个类似人类呼出气体的空气混合物中，实现高精度乙醇测量。利用间歇连续波法覆盖 1.7cm^{-1} 的光谱范围，该方法实现了 9ppb 的测量精度。

Thorlabs 提供非常广泛的 QCL 产品，该公司提供跨中红外波长的 FP 和分布式反馈器件。2014 年 10 月，Thorlabs 将康宁公司的量子级联激光器业务及其相关的光学半导体技术研究业务收入麾下。这次收购加强了 Thorlabs 在传感、科学和国防相关设备方面的实力。Thorlabs 在澳大利亚、加拿大、印度、以色列、意大利、韩国、比荷卢、波兰、俄罗斯、新加坡、台湾和土耳其设有分销渠道，也提供线上销售。Thorlabs 已经与 Menlo Systems GmbH、Daylight Solutions、Boston Micromachines Corporation、Praevium Research、PicoLuz LLC、Idesta Quantum Electronics 和 Castor Optics 建立了战略合作伙伴关系。

Block MEMS（US）也是 QCL 市场的关键参与者之一，其在开发化学传感和气体检测设备方面具有独特专长。Block MEMS 曾与美国辉瑞制药公司合作开发基于 QCL 的系统。该公司提供 LaserSense、LaserWarn、LaserTune 和 MCT 红外探测器模块。其中，LaserSense 是一种基于红外吸收光谱的气体探测系统。该公司主要关注电信、石油天然气、航空航天等应用市场。❑

超快激光加工

高速激光微加工实现大面积基板处理

高功率（或高平均功率）激光器和高速扫描系统相结合，实现了大面积基板的快速、精密加工。

文/LFW

高速激光微加工技术正在成为现代微加工和生产的关键技术之一。在高速微加工技术的发展上，将高功率激光器和高速扫描技术的优势相结合，备受期待。这种结合，其主要目标是将创新和成熟的激光微加工工艺，从实验室引入到工业中，以在加工速度、生产率和吞吐量方面，纷纷实现新的提升。

现在，这种想法已经成为可能：一方面，最近在可提供数百至数千瓦功率、且光束质量优异的激光源开发方面，取得了新进展；另一方面，高平均功率的超快激光器也获得了进步。超快扫描系统是高速加工的另一个核心部分，它能够以前所未有的速度偏转激光束，即使在高激光功率下，也能避免激光对基板造成热损伤。

在一种颇有前景的方法中，基于多面镜的大幅面扫描系统，与长焦距场镜相结合，实现了每秒几十米到数公里的快速光斑移动。得益于出色的光束质量，直径几十微米的小光斑，可以在 700mm × 700mm 的大扫描场内移动。对于精密微加工而言，激光束的行为必须由快速光束开关控制，以精确同步激光束与超快多面镜扫描系统。

大面积微尺度特征

高速激光微加工非常适合产生微观表面特征，这些特征的结构尺寸从数百纳米到几十微米。受自然界的启发，这些（亚）微尺度的特征，可用于控制机械、化学和物理表面功能，例如，自清洁和润湿性、静态摩擦和粘附、光学和微流体特性等。

图 1a 的案例中，显示了使用高平均功率的飞秒激光器（1030nm，400fs，450W）与多面镜扫描系统，加工出的大面积波纹结构的 AISI 304 不锈钢表面。在 500m/s 的

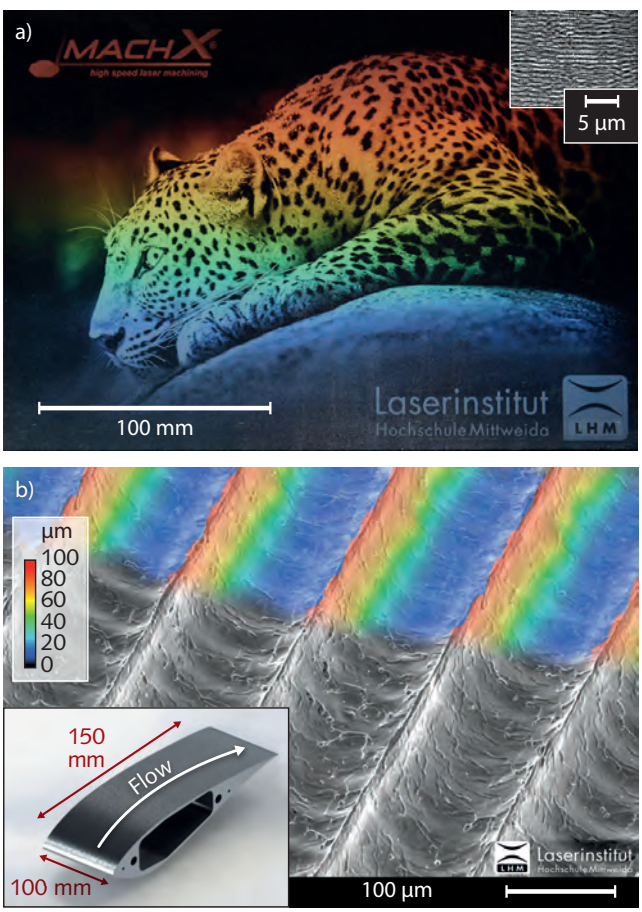


图1：高速激光微加工技术的潜力：（a）在AISI304不锈钢表面加工出大面积波纹织构，用于仿生表面功能化；（b）加工出覆盖有微织构脊条的铝机翼剖面，用于减阻（b）。

扫描速度下，激光束在这块 280mm × 190mm 的衍射光栅上的加工速度为 2000cm^2/ 分钟。受鲨鱼皮上的微沟槽结构减阻效应的启发，图 1b 中显示了使用超快激光在铝机翼上加工出的用于减阻的表面纹理结构，这项加工使用的

是功率为 2.7kW、扫描速度为 150m/s 的连续波单模光纤激光器，加工速度为 0.82m^2/h。

案例中的工件，均使用多面扫描振镜加工而成。该扫描振镜具有 31mm 的大自由孔径，这是通过使用一个新颖的无畸变的双多面镜来实现的。该设计使得二维扫描振镜即使在大孔径下，也能实现紧凑设计。该扫描振镜是全数字化的：它使用了一个集成的现场可编程门阵列（FPGA），频率为 200MHz，扫描振镜经过几何优化校正，可以实时对外部影响（如轴运动）作出响应。

传统的 f-θ 透镜可以与扫描振镜一起使用。在系统中安装了一个焦距为 420mm 的 f-θ 透镜，产生大约 40μm 的焦斑。在这种情况下，可加工面积大约为 300mm × 300mm。通过使用外部轴，加工面积可以拓展到 400mm × 400mm。最大扫描速度和最大频率分别为 1000m/s 和 1.3kHz。为了实现这个目的，多面镜以 11000 转 / 分的速度旋转。利用集成的数字电子元件，能够以 200m/s 的速度对扫描场（f-θ 透镜的线倾斜、枕形畸变）进行完全校正。

在扫描振镜内部，使用一个周期时间为 5ns 的并行工作的 FPGA 逻辑，并使用两个 600MHz 的处理器进行通信。为了满足高速微加工的需求，需要在多面镜的每条扫描线期间处理大量数据。在最大速度下，必须以超过 80MB/s 的速率处理数据。由于在特定扫描位置有瞬时数据输出的附加要求（实时系统），动态传输是不可能的。因此，扫描振镜本身包含了 1GB 的 DDR RAM，其最大数据存储速率为 800MB/s。

该扫描振镜可以在三种不同的操作模式下工作。在位图模式下，高达 32 位的灰度编码位图，代表要在每个扫描位置应用的激光功率。在深度映射模式下，存储的位图包含每个扫描位置的深度信息。通过对整个扫描场的多周期照射，可以进行 2.5D 雕刻（在不同深度上创建多个平面特征）。在矢量模式下，将 STL（surface tessellation language）文件加载到内存中，扫描振镜根据需要对三维数据执行实时切片，以进行选择性激光烧结。



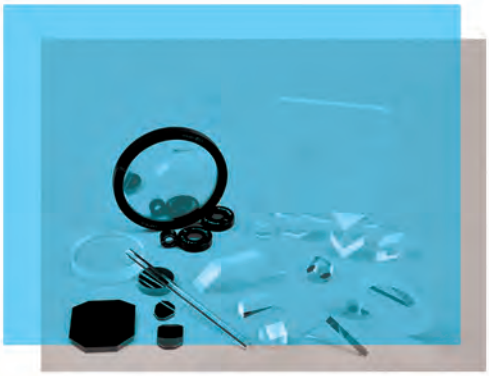
图2：microSHAPE激光系统加工大型基板的加工区域。

对于这三种工作模式，必须需要高功率激光器的快速切换。目前，该扫描振镜已经用功率高达 3kW 的连续激光源、功率高达 10kW 的纳秒脉冲系统和超短脉冲系统进行了测试。接下来还将使用一个 10kW 的单模连续光纤激光器系统进行测试。

模块化激光平台

为了在工业应用中充分发挥多面扫描系统的潜力和激光源的全功率，有必要将该设备集成到一个可靠的微加工系统中。为此，3D-Micromac 公司提供了一个模块化的激光平台，称为 microSHAPE，其将所有这些要求都结合到了一起。microSHAPE 是为高精度、高动态加工大型平板玻璃和金属基板而设计的，这种可扩展的设计可以加工的幅面高达 2m × 3m。使用软件控制所有组件，并对准激光源、扫描振镜和整个光束路径。

microSHAPE 基于龙门式设计，可以在动力、计量、加工以及激光和光束传输组件中，进行特殊配置。根据其配置，可以实现如下指标：轴精度 ±2μm，加工精度 ±10μm，加工速度 1.5m/s。microSHAPE 系统在工业生产中有着广泛的应用。除了用于不锈钢基板表面改性外（见图 2），该系统还可用于各种烧蚀和非烧蚀切割或结构化加工，例如玻璃丝状化（使用超快激光切割玻璃）。❑



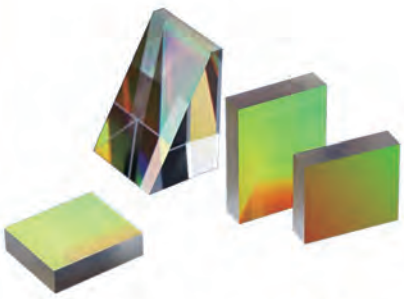
◀光学元件



声光器件 ▶

LBO晶体 ▶





▲ 光栅



▲ 隔离器

CASTECH®

福晶科技

CRYSTALS / PRECISION OPTICS / LASER COMPONENTS

Visit us at

SPIE. PHOTONICS WEST

South Hall # 667
Feb 4-6, 2020
San Francisco, CA, USA

扫描二维码
了解更多信息
+86-591-83710533

光纤激光器

某些情况下，切割比抛光更能获得优质的光纤增益介质端面

切割是比抛光更简单的工艺，它能为用作增益介质的某些特种光纤提供满意的端面。

文/John Wallace

连续波（CW）高功率和脉冲高能量光纤激光器继续打破记录：例如，使用单根光纤的脉冲光纤激光器的峰值功率，已经达到了兆瓦级。[1] 特种光纤用于激光放大和光传输，有时甚至是确定模场和偏振态。但是，特种光纤端面上的划痕或斑点缺陷会导致光从端面散射，从而降低泵浦光源的耦合效率。

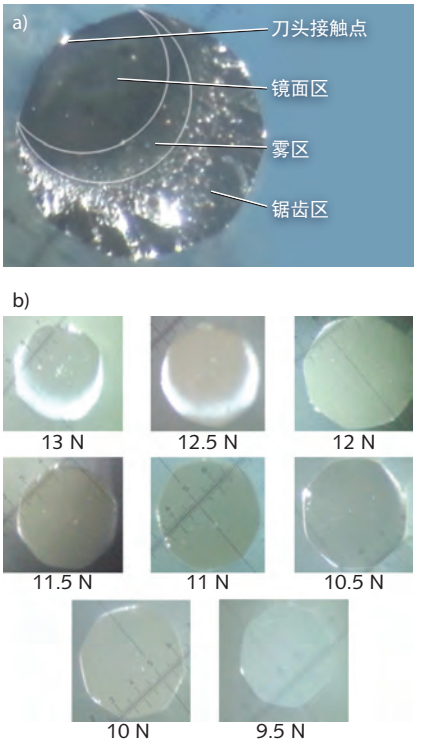


图1：（a）切割好的光纤的显微图像（400x）显示，切割产生的镜面区、雾区和锯齿区。（b）不同光纤张力下切割的光纤的显微图像。

这种缺陷也可能导致在高功率运行下造成损坏，只有高质量的光纤端面才能防止此类损伤。[2,3] 北京交通大学的博士生 Xinyang Su 和郑义教授，一直在尝试使用商用光纤切割刀、而不是先进的抛光技术，来获得优质的光纤增益介质端面。

Xinyang Su 介绍说，常用的金刚石光纤切割刀并不是切割特种光纤的最佳工具。相反，其他类型的机械切割刀却能产生更好的切割效果。这些机械切割刀可分为两类。第一类切割水平放置的光纤，第二类切割垂直放置的光纤（一个典型例子是 NorthLab 公司生产的 3SAE LCC-II 光纤切割刀）。后者产生较小的附加扭转角，实际上切割端面的角度可以接近零度（平均切割角度为 0.16°）。因此，他们在实验中使用了 3SAE LCC-II 光纤切割刀。

最大化镜面区

与其他常见的脆性材料一样，切割的光纤端面从刀头接触点到内部可以分为三个区域，分别称为镜面区、雾区和锯齿区（见图 1a）；这三个区的粗糙度依次增加。[4] 镜面区是激光实验的理想区域。

由脆性材料理论得出的相关方程为：[5]

$$\sigma^2_a D_{mist} = K^2_{fract}$$

其中，σ^2_a 是施加在光纤上的张力的平方，D_{mist} 是刀头接触点与雾区之间的距离，而 K_{fract} 是取决于材料的常数。除镜面区以外的其他区域的外观，取决于施加在光纤上的张力以及光纤本身的材料。当 D_{mist} 大于光纤的直径时，光纤的端面将完全是镜面区。因此，可以通过逐渐减小施加在光纤上的张力，直到 D_{mist} 大于光纤直径来找到切割的最佳参数。

使用由中国电子科技集团公司第 46 研究所生产的掺铒特种光纤（包层直径为 400μm，纤芯直径为 25μm）

下转第27页

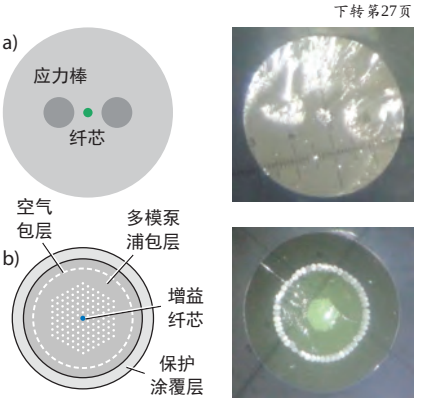


图2：保偏光纤（a）以及光子晶体光纤（b）的示意图和实验切割。

非线性光学

首创的陷光倍频光子晶体

光子晶体通过常规带隙捕获基频，并利用“光连续区束缚态”捕获倍频。

文/John Wallace

具有异质结构腔的光子晶体（PhC），即使只有一个带隙而不是两个带隙，也能实现双共振。第二项共振是由“光连续区束缚态”（BIC）提供的。异质结构腔体包括芯、过渡区和外部区域（在此由虚线描绘）。相关的谐振模式被限制在芯区。用非线性光学材料创建这样的 PhC，首次实现了基于 PhC 的光学倍频。

缩小非线性频率转换光学元件的尺寸，同时提高其效率，将使它们能够更轻松地应用到更广泛的领域，这些应用领域包括生物传感器、光谱仪以及量子光学系统。光的频率转换（例如倍频）是使用非线性光学晶体（通常为块体形式）完成的。可以通过用由非线性光学材料制成的光子晶体（PhC）代替块体晶体，来实现此过程的微型化。然而创造出这样一种双共振器件，使它既具有原始光、又具有频率转换光的光子带隙，一直以来都是无法实现的，从而也阻止了基于 PhC 的微型频率转换器的设计。

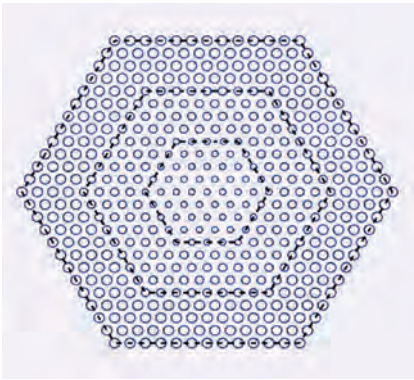
美国斯坦福大学和意大利帕维亚大学的研究人员已经制定了设计指南，以创建具有非常规两部分形式的 PhC 结构，来解决这个问题。[1] 研究人员并非尝试创建具有两个带隙的 PhC 来实现双共振，而是开发了一种通过常规带隙限制基频、同时使用“光连续区束缚态”（BIC）来约束倍频的光子晶体。这样的状态是一种单频，即使其周围的所有频率都不受束缚，它仍然是局域化的。BIC 是一种特殊类型的共振，其中散射和干扰形成了束缚态。

效率配方

在搞清它们的两部分结构的细节之后，研究人员列出了四个条件，用这些条件来指导同事们建立能够容纳两种非常不同波长光的光子晶体腔。他们的结果读起来更像是“配方”，而不是示意图，因为光操控结构可用于许多任务和技术，因此设计必须灵活。

“我们有一个通用的配方写道：‘告诉我你的材料是什么，我将告诉你要得到一个很小、并约束两个频率的光的光子晶体腔，所需要遵循的规则。’”斯坦福大学的博士后研究员 Momchil Minkov 说道。

“配方”中的第一项条件是具有在基频光锥外部带边缘模式的频带（换句话说，在带边缘模式中处于该频率的光不能辐射到自由空间中，而是被约束，这也导致研究人员说理论上是无限大的 Q 因子）；而第二个条件是该频带在所谓的伽马点，其二次谐波频率处具有（单）简并的带边缘模式，并且波矢量为零。在第三个条件下，两个带边缘模式必须均为它们对应频带的最大值或最小值。对非线性相互作用的要求导致了第四个条件，即带边缘模式的电场的周期部分，必须具有非零的非线性重叠。



PhC 基于孔的六边形阵列，并具有三个区域，每个区域具有不同的孔大小，但都共享相同的晶格周期（如图所示）。一个示例设计从中心向外的孔半径为 0.22、0.23 和 0.25，其相对于波长的周期是折射率的函数，但是对于 652nm 的谐波波长，一种形式的晶格周期为 580nm。在建议的实验配置中，光以法向入射泵浦 PhC，并且也在法向发射二次谐波。

转换效率定义为对每瓦输入信号，输入频率光转换为倍频光的百分比。在保守情况下，计算为大于 100％ /W，在最佳情况下为大于 10,000％ /W（在此定义中，每瓦效率可以高于 100％，这仅仅意味着在实质上低于一瓦的输入光功率下，才能获得低于 100％的实际效率）。

研究人员正在按照他们的配方开始制造实验性的光子晶体倍频腔。❑

参考文献

1. M. Minkov, D. Gerace, and S. Fan, Optica (2019); https://doi.org/10.1364/optica.6.001039

高功率激光二极管

二极管激光器进一步提升效率和可靠性

在巴条和热沉之间采用非焊接式金属连接的被动冷却高功率激光二极管，能在硬脉冲和连续波运行下表现出极高的可靠性。

文/ Andreas Thoss，THOSS Media
Matthias Schröder，Marco Koschorreck; Jenoptik Laser

高功率二极管激光器已经成为工业激光技术的主力军：它们是光纤激光器的核心器件；它们是碟片激光器和其他固态激光器的泵浦源；并且它们也正在越来越多地直接用于工业应用中。

工业用户对二极管激光器的优先考虑，促进了二极管激光器的发展，其关键性能指标通常以每瓦成本表示。在相当长的一段时间内，二极管激光器无论在商用数量上还是在自身质量上，与此同时其在性能上也实现了重要提升，从而实现了很多新的应用。二极管激光器仍然在向前发展，特别是在效率、峰值功率、亮度和发射光谱范围方面。学术研究已取得了新的性能记录，包括在 1kW 时获得超过 60%的转换效率，以及通过 1cm 巴条实现超过 1.5kW 的功率输出。

被动冷却巴条输出275W功率

要进一步提高输出功率，需要复杂的设计考虑，就最重要的而言，包括材料、固体物理、热工艺和光学器件。而且，尽管可以优化激光器系统以实现更高的输出功率，但这不能与其他参数（例如寿命、效率和光束质量）的优化分开实现。

基于数十年的研究，Jenoptik 公司开发出了一种新型模块化二极管激光器，该激光器采用被动冷却方式，适用于硬脉冲（hard-pulse，其中激光器以大约 1s 的时间周期在开、关状态之间循环）和连续波（CW）条件。该激光器在输出功率超过 400W 的状态下接受了测试（见图 1）。但是在实际应用中，该激光器的输出功率设置为 275W，以确保 60%的最高功率转换效率，以及最长的使用寿命。

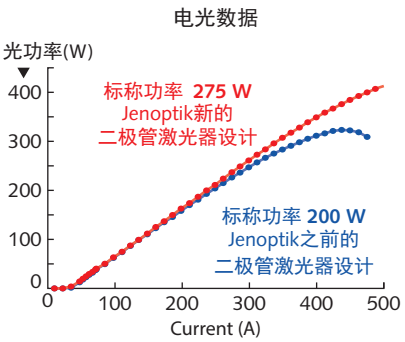


图1：新的二极管激光器可以实现400W以上的功率输出；但是其选择在约275W的功率下工作，以实现最大的转换效率。

与其他制造商的二极管激光器相比，Jenoptik 这款新型二极管激光器的输出功率增加了一倍以上；与 Jenoptik 之前的产品相比，其输出功率提高了 40%以上。取得上述进展，主要是改变冷却机制的结果(见图 2)。新设计中采用了双面冷却配置，其中热沉延伸到实际出射面之外。热传导过程的数值模拟，显示了实际条件下二极管激光器中的温度分布。

在室温下，在 200W 的热负荷（对应于 275W 的光学输出功率）和冷却板的热阻为 0.05K/W 的情况下，Jenoptik 之前的设计升温到最高 76℃，而新设计的最高温度仅为 68℃。

非焊接式连接提高可靠性

二极管通过硬质合金固定在其铜热沉上，以在电源开关时具有很高的稳定性。根据驱动电子器件的不同，二极管激光器可以“硬脉冲”运行，也就是说，可以在没有技术限制的情况下，反复地关闭和打开至其最大功率。

将砷化镓（GaAs）激光巴条安

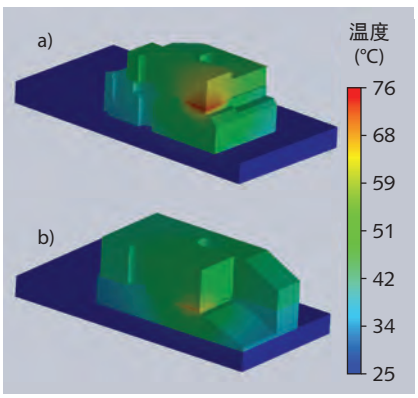


图2：Jenoptik以前的（a）和新的（b）二极管激光器设计，在功耗为200W时进行数值分析的图形结果；以前的系统升温到76℃，而新系统温度保持在最高68℃。

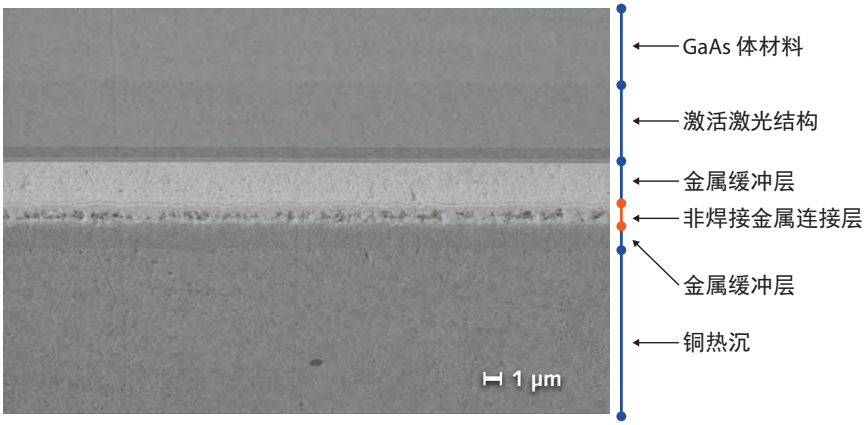


图3：电子显微镜图像显示了激光二极管和热沉之间的界面处的金属结构。

装到铜热沉上的传统方法是使用铟焊接。铜作为热沉材料的优点是众所周知的，这些优点包括高热导率、低成本和易于加工。但是使用铜热沉存在的问题是，铜和 GaAs 两者的热膨胀系数（CTE）差异很大（换句话说，就是铜和 GaAs 的 CTE 不匹配）。当系统改变温度时，CET 不匹配就会导致机械应力。这就需要铟具有极好的柔软性和延展性，以防止焊接后冷却时 GaAs 断裂。但是，正是铟的这些柔软且易延展的特性，导致了焊点在硬脉冲条件下的疲劳。

Jenoptik 使用一种新颖的方法，实现了更加强大的金属连接。这种方法采用了一种新结构，其在两个金属缓冲层之间使用了一个非焊接式金属连接层（见图 3）。接合材料的强度使其可以抵抗硬脉冲运行产生的应力，从而可以使用铜做热沉。

功率提升到数千瓦

装配技术和新的冷却机制，使得该二极管激光器可以采用被动冷却模式。该激光器模块的大小约为一平方英寸（约 6.45cm^2），非常适合由大量单独的二极管巴条来创建二极管阵列。这些二极管激光器的典型用例是作为模块，



图4：由四个二极管巴条制成的1kW模块，尺寸大小仅为10cm × 5cm。

叠加为功率高达 10kW 的高功率系统。

Jenoptik 已经设计了一个测试模块，其总长度为 104mm，宽度为 36mm（带冷却连接头为 54mm）。它由四个二极管巴条和一个用于额外水冷的冷却元件组成（见图 4）。作为比较，使用常规 80W 巴条的类似设置将需要大约 14 个巴条加上冷却。

从材料加工到医疗保健应用

这项新技术使尺寸小巧的简单模块可以用于各种材料加工任务，例如切割、焊接和钎焊。诸如激光清洗之类的新应用，可能会立即受益于节省 50%的外形尺寸和更简单的系统。

除了材料加工外，还有很多其他应用能够从这些激光器的高功率中受益，例如激光打印和打标。医疗保健领域的应用通常不依赖于最高可用功率，在这类应用中，激光器的使用寿命更为重要，因此可以通过在较低的功率水平运行，来大幅延长其使用寿命。此外，在医疗应用中，二极管激光器还可以通过光纤耦合输出，将功率输送到患者的治疗点。❑

上接第24页

进行切割实验，并在光纤末端施加张力。如图 1b 所示，当张力从 13N 减小到 9.5N 时，光纤端面上的镜面区逐渐增加，并且锯齿区和雾区的面积逐渐减小，直到达到 9.5N 张力为止，此时理想的镜面区已完全出现。

对于具有精细内部结构的特种光纤，由于内部应力不均匀而导致切割光纤可能产生裂纹。图 2 分别显示了 Nufern 公司生产的掺铥保偏光纤，以及华南师范大学生产的光子晶体光纤的切割效果。在这里，即使多次改变施加在光纤上的张力，由于光纤结构产生的不均匀应力仍会出现裂纹。研究人员表示，目前在结构化特种光纤上获得干净的端面，需要至少进行一些抛光。❑

参考文献

1. W. Fu et al., Opt. Express, 26, 8, 9432–9463 (2018); https://doi.org/10.1364/oe.26.009432.
2. J. C. Schlesinger, Optical Fibers Research Advances, Nova Publishers (2007).
3. V. Termikirtychev, Fundamentals of Fiber Lasers and Fiber Amplifiers, Springer (2014).
4. O. G. Okhotnikov, Fiber Lasers, John Wiley & Sons (2012).
5. J. Johnson and D. Holloway, “On the shape and size of the fracture zones on glass fracture surfaces,” Philosophical Magazine, 14, 731–743 (1966)

VCSEL

利用 VCSEL 实现高分辨率功能性近红外光谱技术（fNIRS）

文/Toshihiro Ishii，Yoichiro Takahashi，RICOH；
Takeaki Shimokawa，Mitsubishi Electric；Okito Yamashita，ATR

垂直腔面发射激光器（VCSEL）最近已应用于智能手机、光检测和测距、以及旨在利用其潜力的一些研究领域。本文介绍了使用近红外 VCSEL 来实现高分辨率功能性近红外光谱（fNIRS）的示例。

VCSEL在fNIRS中的应用

功能性近红外光谱（fNIRS）使用近红外光，对大脑的激活分布进行非侵入式测量。它被广泛用作脑科学研究中的测量工具。在日本，利用 fNIRS 辅助诊断抑郁症和癫痫手术前检查的费用，被列入保险的保障范围之内。目前，人们也正在研究该技术在注意力缺陷多动障碍药物疗效判断 [1] 和康复 [2] 方面的前景，以纳入保险范围。

目前，功能性网络分析在分析每个大脑区域创建和运行的网络类型方面，引起了人们的注意，从而可以诊断痴呆、精神分裂症和自闭症等。使用功能性磁共振成像技术（fMRI）可以进行功能网络分析。传统的 fNIRS 的空间分辨率精度不足；然而，其简单的测量装置对于医学检查等简单的测量而言是必不可少的。

多方向漫射光学层析成像技术（DOT）

漫射光学层析成像技术（DOT）是 fNIRS 的高级版本，可对生物体内部进行高精度的 3D 功能性成像 [3]。通过解决缺陷问题，可以将 DOT 从排列在 2D 平面中的探测器数据扩展到 3D 数据。它需要高度准确的正向和反向问题分析。在前者中，通过求解生物体内的光传播模型来计算探测到的光量，而在后者中，通过使前者与实际测量值之间的差异最小化，来获得光学吸收体分布（大脑血流分布）。在这里，逆问题是使用层次贝叶斯估计方法 [4] 解决的。但是，需要将 fNIRS 测量与给定最大间距为 15mm 的高密度探头配合使用，以获得 3D 重建所需要的信息，这使其更加复杂且费力 [3]。

因此，这里我们介绍一种可以使用多方向光源和多方向探测器（见图 1）执行简单 DOT 的方法，通过从四个方向中的一个探头发射两个波长的光束，并接收四个方向的光，来提高脑血流激活区域的空间分辨率。另外，相对于生物体表面以不同方向传播的光会通过不同的路径传播，从而增加了信息量（见图 1）。假定传播到生物体内的光具有方向性，就可以实现伪高密度探头 [5]。

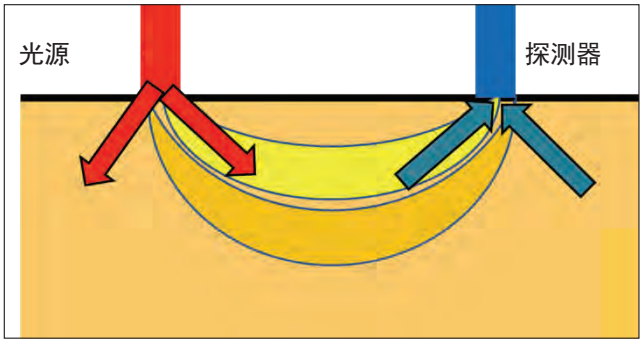


图1：多方向fNIRS。

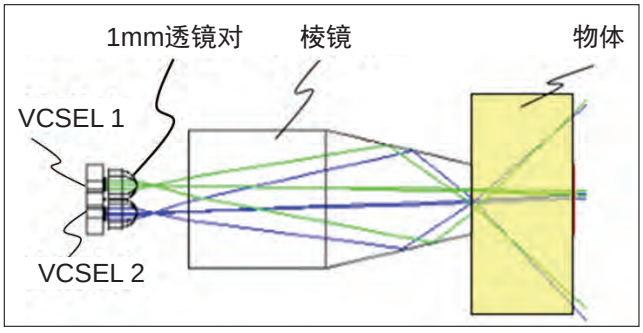


图2：双波长光学系统通过将VCSEL 1和VCSEL 2的位置相对透镜中心移开几微米（μm），将从两个VCSEL发出的、距离约1mm的光束，对准到物体表面的一个点上。[8]

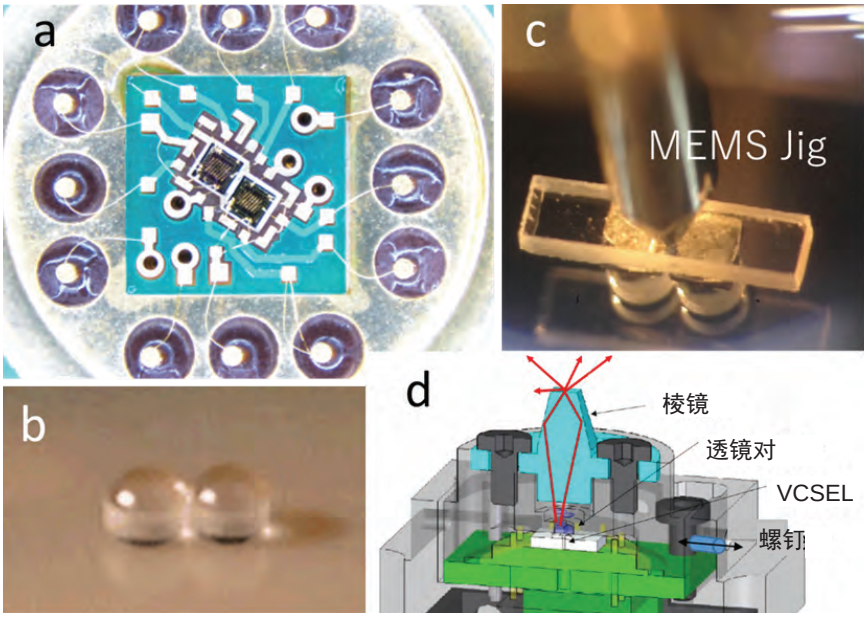


图3：高精度光学安装。（a）在显微镜下，将两片VCSEL芯片高精度对准并通过引线连接；（b）大约1mm的透镜对；（c）两个1mm透镜之间的距离，由MEMS夹具通过压力感应进行高精度控制，并用UV粘合剂固定；（d）棱镜的位置通过8个螺钉的主动对准来控制和固定。

光学模拟

多方向 DOT 可以通过进行高精度的光学仿真来实现，使倾斜入射光的方向性得以保持。一般来说，描述光在身体组织即人体皮肤中的传播，通常被模拟为扩散方程。但是，这种方法的缺点是擦除了光束的传播方向。同时，有一种使用蒙特卡洛模拟的方法，尽管不是一种分析方法[6]。还有一种使用蒙特卡洛极限（MCX）的公开可用的模拟工具[7]。MCX 是用 CUDA 编写的，以使用图形处理单元，并且可以计算超过 10^9 的光子数。在本文中，我们使用 MCX 进行了光学模拟，以准确描述光传播的方向。

多方向模块的光学设计

在此，我们准备了四个光发射和光接收模块，每个模块之间的距离约为 30mm。我们设计了光传输模块，以从同一位置发出两个波长和四个方向的近红外光。使用两个波长分别为 780nm 和 905nm 的 VCSEL 芯片作为光源。每个 VCSEL 芯片约为 $1mm^2$，芯片上的四个发光点以大约 500μm 距离的正方形排列。

我们在 VCSEL 芯片上大约 100μm 的位置处放置了有效直径约为 1mm（f = 0.1mm）的透镜。一对透镜对应于两个波长的两个相邻的 VCSEL。光被透镜清楚地折射并分成四个方向（见图 2）。

随后，我们在透镜对上放置一个树脂棱镜，以在每个侧面反射光束，并且八光束聚集在棱镜上表面的中心。我们在距 VCSEL 芯片中心几微米（μm）的位置布置了 1mm 透镜，以校正芯片的相对位置。[8]

光学安装

我们将印刷电路板（PCB）设计为约 $10mm^2$ 的底座，以准确放置两个 $1mm^2$ 的 VCSEL，并通过引线键合将两者电连接。将两个 VCSEL 在显微镜下高精度地安装在基座上。

VCSEL 的位置精度目标为约 1μm，安装在金属 CAN 封装上的 PCB 的直径约为 30mm（见图 3a）。CAN 放置在安装有微型计算机的大型 PCB 上。引线键合在 VCSEL 与底座之间，以及底座与 CAN 封装之间进行。放置一对透镜并用紫外（UV）固化树脂精确地固定，并在镜片之间留有适当的间距，使镜片中心之间的距离成为设计值（见图 3b）。

我们将镜头中心调整到设计值，以使镜头的外形公差不受影响。为了实现这种高精度安装，准备了微机电系统（MEMS）夹具，并使用半导体工艺的光刻技术对其进行高精度加工。该夹具具有孔，该孔具有与设计值匹配的倒金字塔形状的倾斜表面。我们施加了大约 50g 的力，以使凸面适合 1mm 透镜及其孔，在正确的位置进行 UV 固化（见图 3c）。

由于两个 VCSEL 芯片和 1mm 透镜的安装也需要高度准确的对准，我们进行了主动对准安装，其中在检查光束位置时，发射了所有光源（8 个光束）并且棱镜精细移动（见图 3d）。我们指定了目标值，以使 8 束光可以进入棱镜端面上 $1mm^2$ 的范围内。

光接收模块使用分割为 4 块的

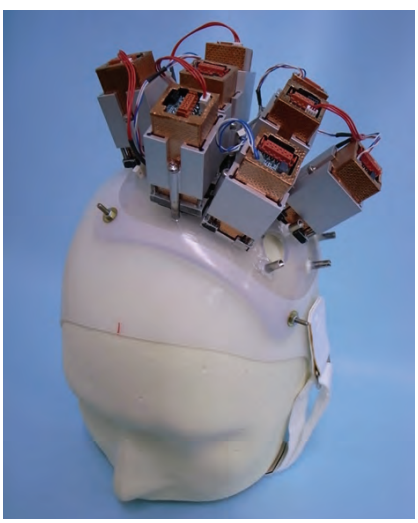


图4：多方向fNIRS模块。[11]

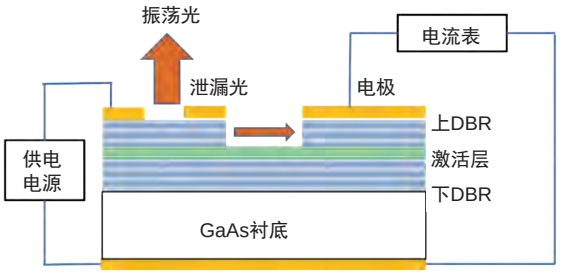


图5：带光强监控的VCSEL。[9]

PD（3mm^2），并在其正上方设置一个直径 3mm 的透镜以分开入射方向。这样的安装可以在显微镜下以机械精度对准透镜和 PD 的中心。我们为每个模块配备了一块 PCB（上面装有微型计算机和放大器），模块的外形尺寸约为 100×10×10mm^3（见图 4）。

测量结果

首先，我们用幻影进行测量。我们将描述执行的两种校正。首先是用于监控从 VCSEL 发出的光量的系统。监控 VCSEL 利用以下事实：相邻 VCSEL 泄漏的光进入 VCSEL 的激活层，并产生电动势（见图 5）。监控 PD 可以在非常小的区域内更换。其次，首先在棱镜端面的 1mm 以内放置 8 路光束进行安装。由于难以达到亚毫米级，因此测量了光束位置，并将校正纳入正向问题的计算中，从而将幻影位置估计误差优化了 30%。结果表明，即使使用 30mm 的探头间隔（直至 15mm 的深度）进行低密度测量，也可以在 5mm 的位置误差内进行 3D 估计。[10]

我们通过多方向 DOT 和 fMRI，测量了右手抓握任务期间每个受试者的左运动和体感皮层活动（见图 6）。通过比较多方向 DOT 和 fMRI 的结果，发现位置误差为 5~6mm，空间相关度为约 0.3~0.5。图 7 显示了三个重复测量的结果。[11]

结论

尽管高分辨率仅限于光可达到的范围，但它已达到可以在功能区域级别进行网络分析的水准。因此，fNIRS 更有可能为脑部疾病提供广泛的检查机会。❑

参考文献

1. Y. Monden et al., NeuroImage: Clinical,1(2012)131-140
2. M. Mihara et al., Neurophotonics, 3(2016)031414
3. A.T. Eggebrecht et al., Nat. Photonics, 8(2014) 448–454
4. T. Shimokawa et al.; Opt. Express, 20 (2012) 20427–20446
5. T. Ishii et al., U.S.Patent No.10039452 (2018)
6. Qianqian Fang et al., Optics Express, 17(2009) 20178
7. http://mcx.space/
8. T. Ishii et al., U.S.Patent No.10175169 (2019)
9. T. Ishii et al., U.S.Patent No.10177530 (2019)
10. T. Shimokawa et al., Biomed. Opt. Express, 7(2016) 2623
11. T. Shimokawa et al., Biomed. Opt. Express, 10(2019)1393

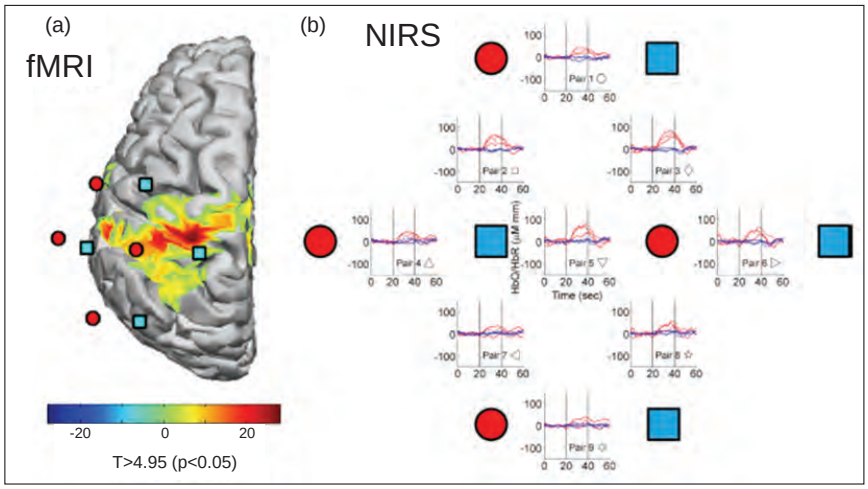


图6：fMRI（左）和每个fNIRS模块的时程（右）。[11]

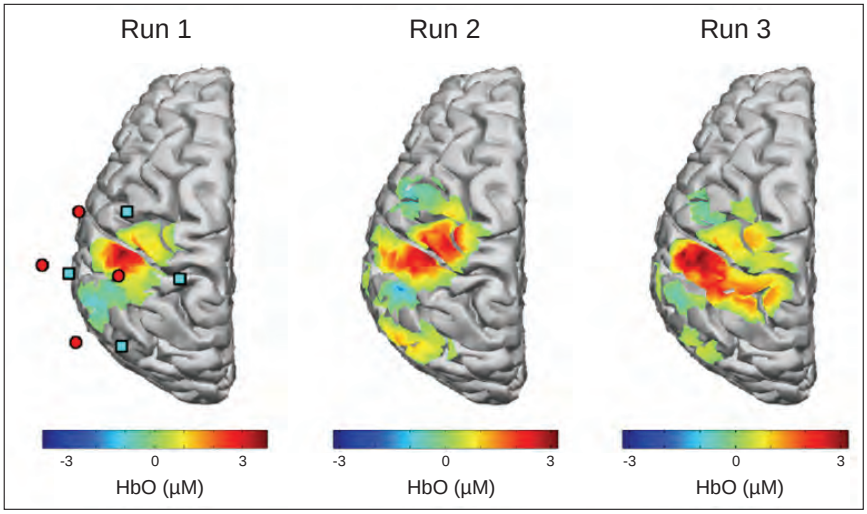


图7：fNIRS结果（3次重复测量）。[11]

光学设计软件

照明设计软件优化复杂的几何形状

照明设计软件以多种不同形式，对复杂的光学元件及其产生的照明场进行建模和优化。

文/John Wallace

多年来，经典的光学镜头设计软件已经变得越来越强大，但是当光学工程师需要设计非成像系统（例如照明器）而不是成像系统时，没有什么比专用的照明光学设计软件更能胜任了。此类软件（可以是独立的应用程序，也可以是标准镜头设计软件包的一个模块）旨在设计光导管、镜头阵列、漫射体、光源、标准光学元件以及所有这些的组合，如果需要的话，它们都具有高度不对称的配置，并根据需要产生定制的照明强度和图样。以下是市场上各种类型的照明设计软件的示例。

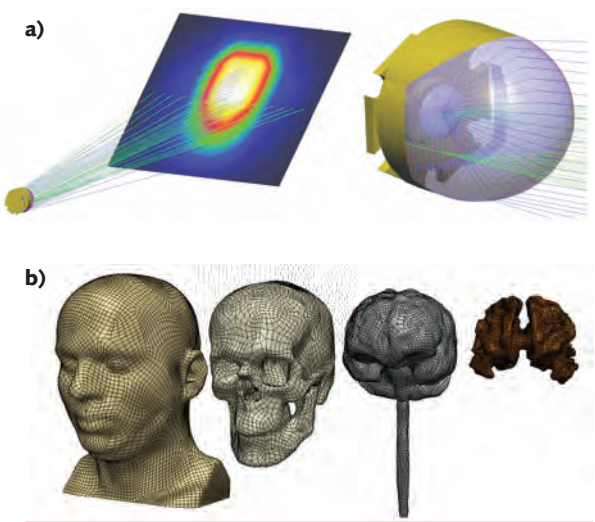


图1：这些自由形式的光学元件是在LightTools软件（a）中设计的。该软件可以帮助确定用于照明的自由形式光学元件的定制表面的制造公差。使用Synopsys Simpleware软件根据图像数据创建头部模型（b）。Simpleware可以与LightTools结合使用，以在生物医学应用的3D解剖模型中运行详细的光学场景。

专用照明设计软件

美国 Synopsys 公司的 LightTools 软件，是一款典型的专用照明设计软件。Synopsys 公司光学解决方案事业部应用工程组总监 Stuart David 介绍说，LightTools 支持精密照明应用的虚拟原型、仿真、优化和逼真的渲染（见图 1）。“它能在同样的模型和环境中直接表示光学实体，例如光源、接收器、光导管、反射体、透镜、漫射体、棱镜、衍射元件和分光镜，与机械组件和结构一样。该软件已经结合了实体建模技术，以适应模拟光线在光学元件和机械结构之间和内部穿越时，所需要的固有精度。”David 说道。

LightTools 适用于设计背光显示器、照明和照明设备、基于 LED 的光源、光导管和光导，增强现实 / 混合现实和虚拟现实（AR/MR/VR）、医疗、车辆照明、激光雷达和遥感等。“LightTools 最近还推出了 Tolerance Manager 功能，它可以帮助设计人员预测其照明系统的可制造性并控制制造成本，”David 解释说，“该功能对于需要精密制造的照明系统特别有用，例如基于 LED 的光导、激光雷达和自由形式的照明组件。”Tolerance Manager 可在设计过程的早期提供对潜在问题区域的见解，还可以用于分析已经投入生产的系统。

David 介绍说，LightTools 也可以与其他 Synopsys 工具（例如 Simpleware，见图 1）结合使用，提供仿真数据来开发新一代基于光的技术，包括先进的生物医学诊断和治疗，以及增强现实的可穿戴设备。

Synopsys 公司 Simpleware Group 业务开发经理 Kerim Genc 解释说：“Simpleware 软件为 3D 图像数据（MRI，CT）的可视化、分析和模型生成提供了解决方案，可以导出到 CAD、CAE 和 3D 打印。使用人体解剖学的具体模型，Simpleware 和 LightTools 可以共同在仿真中准确再现真实的光学场景。通过这种软件协作，可以实现医疗装置以及光学辐照人体的消费产品和电子产品的研发仿真。”

集成的软件包

Zemax 的 OpticStudio 软件包中也提供照明设计功能。Zemax 首席光学工程师 Katsumoto Ikeda 指出，OpticStudio 同时具有序列模式和非序列模式：在序列模式下，所有光线传播都是通过使用局部坐标系定位的表面发生的；而在非序列模式下，光学组件被建模为真实的三维对象，可以是表面或实体。每个对象均全局放置在具有独立定义方向的独立 x、y、z 坐标上。

Ikeda 介绍说："特别是对于照明设计，针对序列光线追迹的限制，软件的非序列模式提供了一种极其灵活的替代方式，并可以帮助工程师执行许多照明应用所需要的复杂建模。例如，灯泡灯丝或 LED 的发射区域这样的设计类型，是无法通过简单的点光源很好地建模的。直射光线和周围结构反射的光线，均对光源提供的整体照明有贡献。当使用所谓的"白光 LED"时，这种情况尤其复杂，其中蓝光由 LED 发射提供，而红色光谱分量由其周围更大的荧光再发射体提供。两种成分都以不同的路线反射、折射和散射。要平衡这些光线以获得均匀光，就需要考虑非序列光线，尤其是在应用具有严格规格的情况下。"

Ikeda 解释说，这种方法使光导管的传播特别复杂，因为光学元件的"表面"实际上是可以弯曲成非常复杂形状的导管，并且光在出射之前可以在内部反射多次。"OpticStudio 的非序列光线追迹功能，不会受到像序列光线追迹那样相同的限制。由于光线能够以任何顺序传播通过光学组件，因此可以考虑全内反射（TIR）光线路径。"他补充说。

在 Ikeda 给出的一项 OpticStudio 设计示例中，为均匀性解决方案选择了用于使白光 LED 的光谱和空间输出均匀化的复眼透镜。

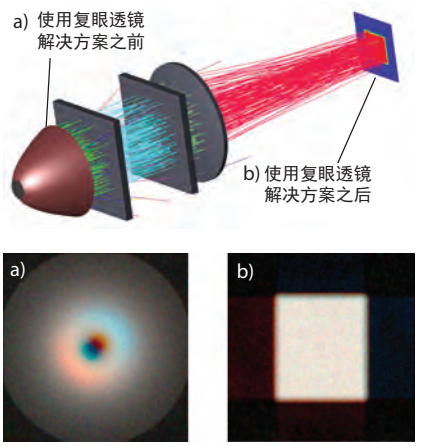


图2：使用OpticStudio设计了带有复眼透镜的光学系统（顶部）。使用该复眼透镜之前（a）和之后（b），对投影光的描绘显示出颜色和均匀性显著改善（底部）。

然后，使用该软件的非序列分析工具，仔细放置小透镜阵列，并优化透镜参数（见图 2）。使用 OpticStudio 中的颜色探测器分析光学设计的结果并显示，就像人眼看到的照明图样一样。该探测器模仿人眼的视觉响应，因此对于需要了解系统对宽带光源的光度（人眼）响应的白光照明系统设计特别有用。其产生的照明不仅颜色均匀，具有白光效果，还可以提供均匀分布的最佳照明度。

基于CAD的方法

由于其自身的性质，计算机辅助设计（CAD）程序提供 3D 建模能力，那么为什么不使用 CAD 作为照明设计所需要的复杂 3D 光学建模的基础呢？这正是美国 Lambda Research 公司针对 TracePro 所做的工作，TracePro 是基于 3D 实体建模的光学分析程序，它围绕行业标准的 CAD 内核构建。Lambda 公司高级应用工程师 Dave Jacobsen 说道："这使用户能够直接在 TracePro 中对照明系统进行建模，并提供出色的与 CAD

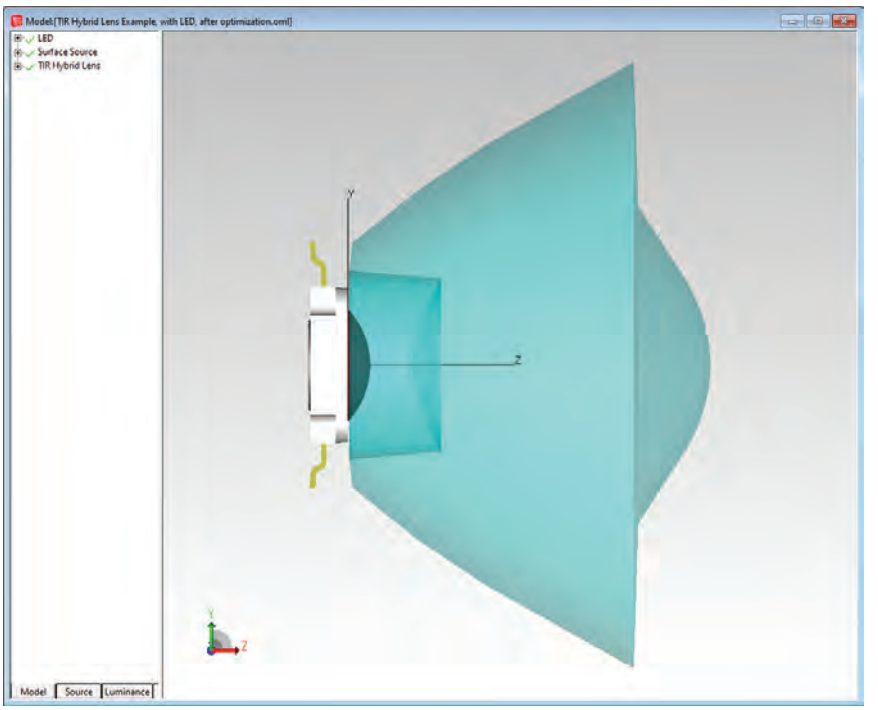


图3：图中显示了TracePro优化后的照明用TIR混合透镜。与早期的手动优化相比，该优化将照明图样中心的发光强度，从大约63cd（坎德拉）提高到了大约93cd。

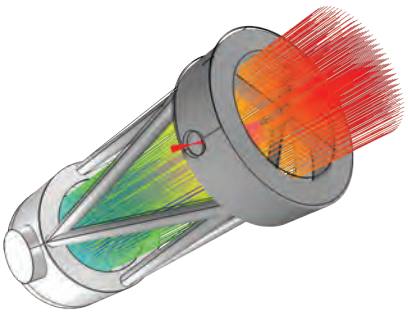


图4：牛顿望远镜的设计经受万有引力及其对光学元件的影响的多物理场模拟。可以对照明光学元件的设计进行类似的模拟，这些光学元件会受到基于光的热效应对折射率和机械变形的影响。

程序的文件交换和互操作性。”

可以使用软件的基于蒙特卡洛的引擎来进行光线追迹，而且可以从随附的属性数据库或使用用户添加的自定义属性，将诸如表面和材料属性之类应用于模型。Jacobsen 说，在 TracePro 中，有几种方法可以对光源进行建模，例如射线文件和光源属性。追迹光线之后，TracePro 可以向用户显示大量分析图，例如照明图样、坎德拉或强度分布、亮度值以及逼真性或照明外观显示。可以更改诸如几何形状、属性和光源之类的参数，并评估最终的性能，然后可以生成并保存 IES 和 LDT 文件，以供建筑照明程序使用。

Jacobsen 指出，TracePro 的 Interactive Optimizer 使用 Nelder-Mead（也称为下降单纯形）方法，使该软件可以在可能的解决方案中进行搜索，以找到能够满足目标的最佳设计，从而使优化过程自动化。它还允许用户定义与照明任务相关的优化目标，例如均匀性、照明图样、光束图样、光通量值和色坐标等。该工具用于照明、汽车灯、显示器、背光和其他照明应用的设计。

在一个示例中，目标是优化全内反射（TIR）混合透镜（见图 3）。如 Jacobsen 所述，原始镜头是通过在软件中更改镜头的形状、运行光线追迹、查看结果、然后进行下一次更改、并重复整个过程来手动设计和优化的。这种优化会花两到三天的时间才能达到可接受的设计效果。Jacobsen 表示：“以现有设计为起点，我们使用了 TracePro 中的 Interactive Optimizer 来查看设计是否可以改进。最初的优化花了几天时间，但这种新的优化花了不到一小时。结果是新优化的镜头的强度提高到 1.5 倍。”

光学加多物理场

多物理场建模不仅可以设计和优化光学系统，还可以对光学元件和光机械元件上的热效应和其他效应建模。美国 COMSOL 公司采用的这种方法，提供 COMSOL 射线光学模块，该模块是 COMSOL Multiphysics 仿真软件的附加模块。COMSOL 技术产品经理 Christopher Boucher 解释说：“可以在均匀或渐变折射率的介质中对光线进行追踪，并且在边界处可以被吸收、折射、漫反射或镜面反射。光线追迹适用于分析各种照明和成像系统，例如照相机、望远镜、光学滤光片、光谱仪和激光聚焦系统。”

Boucher 说，该软件可用于建模和仿真过程的每个步骤，包括几何设置、物理定义、数值分析以及结果处理和导出。可以从头开始创建几何图形，也可以从各种第三方 CAD 软件包中加载几何图形。

Boucher 介绍说：“对于高保真光学仿真，通常有必要考虑影响光学系统的所有物理现象。例如，温度变化会导致折射率变化。此外，热应力、施加的载荷和重力会使几何形状改变。COMSOL 软件可以轻松地将所有物理场组合成一个单一的综合模型。使用可靠的有限元方法（FEM）求解温度和结构变形等场变量，然后将这些解传递到光线追迹仿真中。整个工作流程是无缝的。”

Boucher 在光学系统的多物理场仿真中给出的一个示例（尽管在此例中不是照明系统）是望远镜的引力分析（见图 4）。该图显示了与地面成 45° 角的牛顿望远镜。首先，使用 FEM 计算望远镜在重力作用下的应力和应变，然后追迹光线，使它们从作为变形几何体的主镜和副镜反射回来。即使这些小的变形也会对图像质

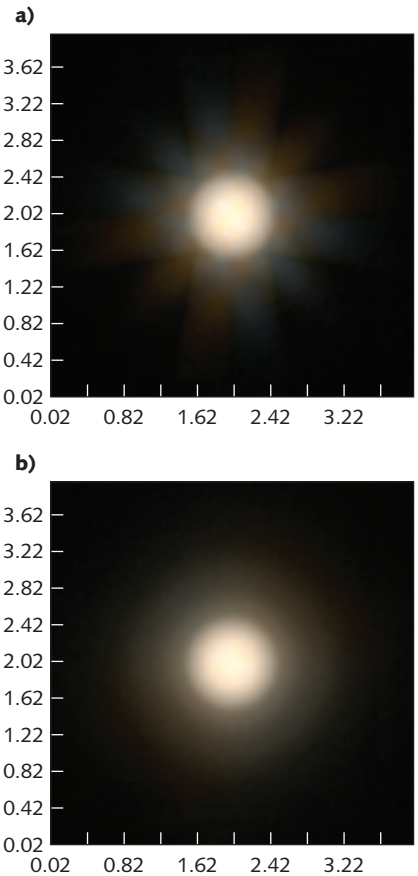


图5：在Photopia中设计了一个准直式透镜，该透镜围绕着暖白光和冷白光Cree XD16 LED棋盘阵列排列。（a）中的图像显示了在使用所有完全平滑的光学表面时，该透镜产生的光斑。（b）中的光束显示的点具有几乎相同的光束大小，但是通过在特定的镜片表面上使用刻面和蚀刻相结合，可以实现更好的颜色混合。

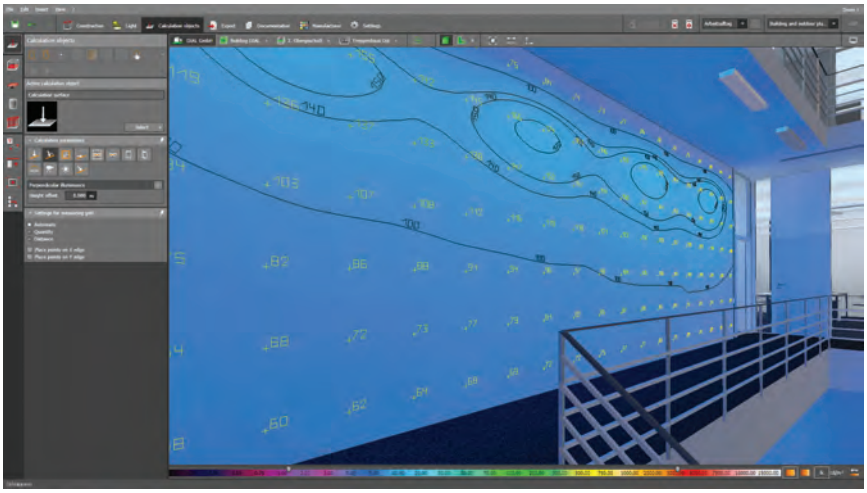


图6：照明光学元件及其在墙上产生的强度分布由DIALux建模。注意等通量线以及离散数据点。

量产生重大影响。

Boucher 解释说，通常关注不同输入下相同模型的变化，以找到替代设计是很有意思的。牛顿望远镜的引力分析可以扩展，例如，通过执行“参数扫描”来自动对不同输入参数的望远镜重新运行分析，这些输入参数诸如几何尺寸、不同材料特性，或者将望远镜指向不同的角度方向。

基于真实数据的光源模型

美国 LTI Optics 公司针对非成像光学设计的 3D 非序列蒙特卡洛光线追迹进行了优化，所提供的 Photopia 的光源模型基于真实光源的几何形状、材料和光谱发射特性，这些特性在定制的、基于高动态范围（HDR）成像的设备上测量。该公司总裁 Mark Jongewaard 表示，Photopia 用于一系列应用，例如照明、辐照、发送信号、光学传感器和光导管（见图 5）。该软件包包括一个独立程序和一个插件，该插件可在 SolidWorks（著名的 3D CAD 程序）内运行。

“照明光学设计通常需要严格控制光分布，从具有特定截止要求的汽车前照灯，到需要提供无任何条纹或颜色变化的平滑分布的 LED 洗墙灯。”Jongewaard 说道。他补充说，Photopia 的测量的光源模型和材料库可以确保准确的输入数据。“Photopia 的光源模型基于真实的光源几何形状、材料和光谱发射特性，包括跨面积和角度的光谱变化。Photopia 的反射和透射材料使用双向散射分布函数（BSDF）数据（由先前提到的 HDR 设备测量）。与可能严重依赖使用‘射线集’的其他软件相比，拥有具有几何形状的实际测量输入数据更为可取，因为前者可能缺少光源属性的关键方面，包括可变的光谱细节和准确的发射点。”

在建筑照明中，“白光可调”、“昼夜节律”和“以人为中心”的产品是受欢迎的类别，通常包括暖色和冷色 LED，以允许根据一天中的时间改变光谱输出。光学元件通常负责均匀地混合多个 LED 的输出，同时还将光整形为所需要的图样。

Jongewaard 说：“对具有更精密光束的更小光学元件的推动，意味着光学设计人员需要能够确定需要多少颜色混合，而又不能使光束过宽。Photopia 包括一系列参数化光学设计工具，使设计人员可以快速迭代光学形状以优化库，还可以使设计人员评估在特定表面上添加特定级别的微蚀刻，以散射和混合光。由于任务是将两种光谱混合成均匀光束，因此需要具有完整光谱特性的准确 LED 光源模型来充分验证设计。”

建筑空间建模

尽管到目前为止提到的软件与照明光学元件自身有关，但是在建筑空间中使用这些照明系统的设计人员，需要能够对他们预期的环境（例如房间和建筑物外部）中的照明效果进行建模。德国 DIAL 公司提供的软件 DIALux，基于对光源和灯具的光度测量，可以模拟和可视化光的分布。DIALux 软件使用基于“光子射击者”的方法进行计算，光色将照明器的光分布和光谱数据考虑进来，并与标准进行比较和评估。DIALux 使用等通量曲线，这有助于评估照度值在各种表面上的分布（见图 6）。

DIALux 的所有者 Allefeld 介绍说：“使用 DIALux，可以从视觉外观和标准的符合性方面评估光的质量。典型的用例是照明设计师想评估房间内不同表面（例如墙壁、天花板或桌子表面）的照度值。它结合了基于测量的光和光度数据的计算方法。”

Allefeld 解释说，在设计新的光学元件或反射镜时，可以模拟和可视化该新设计的光效果。设计人员通过 IES 文件导入光度数据，进行计算，并评估建模光的结果和视觉外观，从而得到产品将在实际使用时的印象。❑

CDIIF
成都国际工业博览会

成都国际工业博览会
Chengdu International Industry Fair

汉诺威工博会与中国工博会
联合打造

工业引领 智享未来

2020年4月27 - 29日
中国西部国际博览城

www.cdiif.com



- 超 **40,000** 名 专业观众
- 超 **50,000** 平米 展览面积
- 超 **600** 家 参展企业

旗下专业主题展：

MWCS · EIAS · AMS · IAS · RS · ICTS

欢迎垂询：021-2055 7138/7139/7140/7141

Deutsche Messe · FIERA MILANO
汉诺威米兰展览(上海)有限公司

东浩兰生 上海工业商务展览有限公司
SHANGHAI INDUSTRY & COMMERCE EXHIBITION CO., LTD.

中国西部国际博览城
Western China International Expo City

射频 CO_2 激光器生存发展之道：新材料驱动新工艺

——访罗悉激光技术（上海）有限公司董事总经理丁元东先生



罗悉激光科技（上海）有限公司董事总经理丁元东先生

文/LFWC

射频 CO_2 激光器作为工业材料加工领域的一个常青树，在当前光纤激光、超快激光器迅速发展的情况下，他们的市场现状如何，未来的路在何方？专注于射频 CO_2 激光器的厂商该如何发展？为此，本刊采访了罗悉激光技术（上海）有限公司董事总经理丁元东先生，请他分享了当下 CO_2 激光器的发展之路，以及罗悉激光在中国成立一年多来的发展之路。

《激光世界》：自从 2018 年 4 月在上海开业以来，罗悉激光中国公司的主要工作和取得成绩有哪些？

丁元东：2018 年 4 月 2 号，罗悉激光技术 (上海) 有限公司在上海外高桥自由贸易试验区注册成立，开始了离开 Rofin 集团后在中国的独立运营。我们迅速完成了公司的前期筹备工作，并在 2018 年 6 月举办了开业典礼。在这一年半的时间中，罗悉激光正在按照前期规划稳步发展，主要体现在以下四方面：

1. 群贤毕至。一大批专业人才加入罗悉激光，这也是公司组建后能够迅速步入正轨的最主要原因。他们中既有行业精英，来之能战；也有职场新人，为公司注入了新思维和新动力。

2. 一应俱全。公司组建了全功能的组织架构，包括财务管理、仓储物流、技术支持、售后服务、市场推广和重点区域的专职销售人员都迅速到岗，开启全面正常运行。

3. 落地生根。升级了中国维修中心的能力。2019 年 3 月，升级后的中国维修中心正式投入运行，现已覆盖所有在中国销售的机型，实现了快速维修交付，为近万台在中国运行的激光器提供了稳定运行的保障。

4. 高朋满座。进一步夯实了中国的客户基础。我们不仅加大了对现有客户从决策层到执行层的沟通密度和沟通深度，也提升了他们在现有行业的产品适用性和竞争力，并且开发了一大批基础于新材料加工、自动化和现有行业应用升级的新客户，为罗悉激光的持续发展打下了良好基础。

《激光世界》：罗悉激光更名的背景是什么，对未来会有什么影响？

丁元东：罗悉激光自 2019 年 6 月 25 日开始启用新名称——Luxinar，替代之前使用超过 20 年的 Rofin-Sinar UK。依据欧盟委员会的决定，罗悉激光可以保留和使用 Rofin-Sinar UK 的名称至 2019 年 10 月。因此，新名称 Luxinar 已经在 2019 年 10 月 1 日起开始全面使用。

Luxinar 是罗悉激光迈向独立、迈向新生的标志，我们将以此为契机，为新老客户提供更优秀的产品、更近距离的服务，以及紧跟市场和技术变动的信息反馈，建立起市场对 Luxinar 这个品牌独特的辨识度和信赖度。

《激光世界》：罗悉激光目前在中国市场的主要产品有哪些，未来有哪些新产品？

丁元东：目前罗悉激光的主营产品是输出功率为 1kW 以内的板条式封离型 CO_2 激光器，主要有 SR 系列（100~250W）、SCX 系列（350W）和 OEM 系列（450W 和 600W）三个系列共六个功率段的产品，每个功率段产品都有 10.6μm、10.25μm 和 9.3μm 三个输出波长可选，以满足宽泛的材料加工需求。



图1：SR系列封离型CO_2激光器。

在 2019 年 10 月开始的 6 个月中，我们还将有多款新的 CO_2 激光器投放市场，包括最新的 1kW 封离型 CO_2 激光器。这些新产品都是我们根据系统集成商的反馈和市场需要，在深挖细分行业应用痛点和难点的基础上专门开发的。相信这些产品的推出，将有利于我们与系统集成商一起，完善

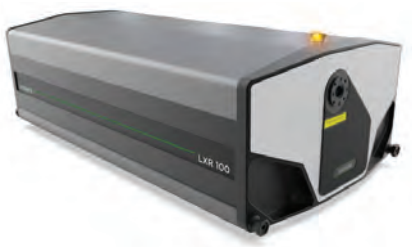


图2：新产品：LXR 100型飞秒激光器。

CO_2 激光器的应用和行业覆盖。

2019 年 6 月，罗悉激光发布了 LXR 100 型飞秒激光器，这是罗悉激光紧跟超快激光技术发展的最新产品。目前该产品已经在韩国、日本、中国台湾进行相关工程应用测试，并将很快进入中国市场。

《激光世界》：罗悉激光的二氧化碳激光器产品有哪些特点，未来的应用前景如何？

丁元东：我们的产品均基于板条电极放电技术、独特的谐振腔密封技术和高封装等级的电子器件和光路保护技术。产品的功率充沛，最高输出功率超出额定功率 40%，功率稳定性高，光束品质好，耐用性强，即使在恶劣工况条件下，激光器也能正常工作。这些特征，为我们赢得了良好的口碑和客户长时间的信赖。

CO_2 激光器主要用于非金属材料的切割、标记、打孔、划线、焊接等。相较于金属材料，非金属材料的种类繁杂，应用行业广泛，加工方式多变，这给 CO_2 激光器的应用提供了广阔前景。

中国既是纺织、制衣、制鞋等传统行业的全产业链制造大国，也是消费电子、汽车、包装、新材料等生产规模最大、技术更新最快的国家，这为 CO_2 激光器提供了大显身手的广阔舞台。随着“一带一路”战略的实施，中国在制造业上累积的优势正在加速向东南亚、中南美以及中东欧地区延伸。我们在中国的系统集成商多数都是全球布局，有着良好的国际视野，罗悉激光正同他们一道，扎根中国，辐射全球。

《激光世界》：罗悉激光在中国有何发展策略？重点业务规划有哪些？

丁元东：在过去的 5 年中，中国的激光产业在高功率连续光纤激光器和在消费类电子行业的应用上，都取得了长足的进步。相比之下，



图3：用CO_2激光切割的运动鞋鞋底。



图4：用CO_2激光进行牛仔裤着旧处理。



图5：用CO_2激光切割包装易撕线。

CO_2 激光器在工业领域的应用还有着明显的差距。并且，由于市场重心的偏移，基于 CO_2 激光器的系统集成商有所减少，器件资源不整齐，基于 CO_2 激光器的工艺开发和系统开发能力偏弱。这些因素都导致了 CO_2 激光器市场整体的踌躇不前，但这些也为 CO_2 激光器的后续发展提供了较大机遇。

罗悉激光将和中国优秀的系统集成商一道，以自身在非金属材料加工工艺上 20 余年的优势积累为基础，开发新工艺，提升系统的整体性能和自动化水平，不断满足各行业对新材料、新工艺和高产出效能的需求，扩大 CO_2 激光器在工业领域的应用广度和深度。在此过程中，基于信息共享和供应链协作，同系统集成商一起发展、一起进步，实现“罗悉激光—系统集成商—最终用户”的多赢格局，这一点尤为重要，也是我们一切工作的最根本的出发点。

在重点的业务规划方面，罗悉激光尤其注重以下行业的应用开发：

- 消费类电子行业的薄膜类材料切割；
- 包装行业的自粘性标签切割、易撕口打孔；
- 制衣行业的牛仔裤着旧处理；
- 医药行业的药片渗透泵释控打孔；
- 烟草行业的水松纸打孔及烟支在线打孔；
- 汽车行业的内饰件、外饰件、安全气囊切割等。

在这些应用方向，罗悉激光在全世界范围内拥有主导的市场份额、成熟的工艺经验、广泛的客户基础和良好的市场口碑，在当前中国市场方兴未艾、亟待深度开发的情况下，比较容易形成规模效应和市场粘度。❑

商业论坛

VCSEL 正迎来年均增长率超过 30% 的爆发期

眼下，VCSEL 正在扮演着一种颠覆性力量的角色，促发着所有光电半导体及其相关光学领域的各种创新浪潮。

文/Conard Holton

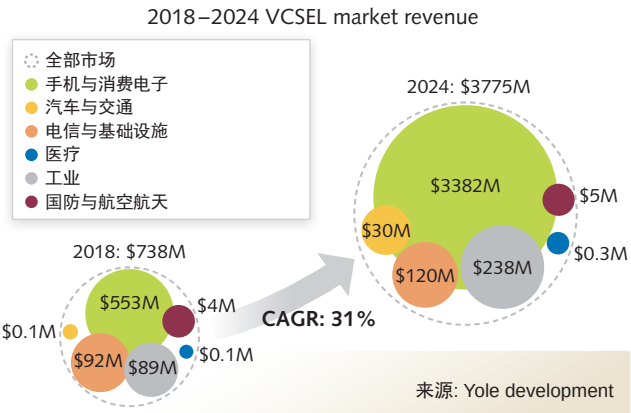
垂直腔面发射激光器（VCSEL）正在多个领域获得快速发展，从数据通信到光学鼠标、从人脸识别到其他多种传感应用领域，正有数亿只 VCSEL 在发挥着不可或缺的作用。

多年来，许多不同领域的大量工作，都是围绕着 VCSEL 的概念和发展来进行的，最初的工作是在 20 世纪 70 年代末由东京理工学院的 Kenichi Iga 和他的同事们展开的。1989 年，这项技术作为开发光学计算机的一个副产品走进了贝尔实验室。贝尔实验室的 VCSEL 研究人员之一 Jack Jewell，分别在 1993 年和 1995 年创建了 VCSEL 制造公司 Vixel 和 Picolight。

霍尼韦尔公司于 1993 年开始研究 VCSEL，并于 1996 年实现了 VCSEL 的商业化。在上个世纪 90 年代，Finisar 公司也在开发自己的 VCSEL 系列产品，2004 年，Finisar 收购了霍尼韦尔 VCSEL 集团（现在 Finisar 已经被 II-VI 收购）。2015 年，Lumentum 从 JDSU 公司（2007 年被 Picolight 收购）剥离后，成为了 VCSEL 生产领域的领导者。

有关 VCSEL 发展历史的简短描述，可能会给人一种印象：VCSEL 市场正在合并，并且很可能会变得更加掌控在越来越少的几家大型公司手中。事实上，VCSEL 市场已经呈现爆炸式增长，许多类型的 VCSEL 正在服务或将要服务于一个快速多样化的客户群体。新的 VCSEL 公司正在形成，或者相关领域的公司正在参与到 VCSEL 市场的竞争中来。在这个领域中，值得关注的全球公司包括 Osram（收购了 Vixar）、Trumpf（收购 Philips Photonics）和 LED 巨头 Sanan Integrated Circuit（正在对 VCSEL 领域进行重大的新投资），还有很多更专业的初创公司，如 Ouster 和 Vertilite，他们正在将 VCSEL 用于激光雷达和一些其他的 3D 传感应用领域。

根据市场研究公司 Yole Développement 的数据，到



2024 年，全球 VCSEL 市场将超过 37 亿美元，在 2018-2024 年间将以 31% 的复合年增长率增长。到 2024 年，消费者细分市场的规模将达到 34 亿美元（见图）。

LightWave Advisors 公司的 John Dexheimer 表示，事实证明，VCSEL 将会是一种颠覆性力量，它正在所有光电半导体和相关光学领域的各个层面，激发广泛的创新浪潮。

他补充说，围绕 VCSEL 的生态系统，在系统构建所需要的材料、晶圆厂合作伙伴、设计公司、光学元件、滤波器以及光学组装 / 集成方面，拥有着丰富的机会。随着越来越多样化的应用涌现、以及各种性价比的设备的激增，VCSEL 应用正在推动光学公司快速成长。

目前，VCSEL 正在进入一些高速增长的市场，例如 3D 打印市场和生物成像市场，这两个市场都将 VCSEL 和衍射光学的发展结合起来。新的基于 InP、GaN 和 DN-EPI 的 VCSEL 产品，它们能够实现的波长和功能，是现在的 GaAs VCSEL 所无法实现的。VCSEL 采用的加速增长，也将推动这个生态系统为边缘发射激光器创造新的机会。

有关 VCSEL 市场的更多数据、见解和市场机会，Laser Focus World 将在 2020 年 2 月 3 日 Photonics West 期间举行专题研讨会，欢迎有兴趣的读者积极参与。❑

VisionCon 2019
视觉系统设计技术会议

2019年12月5日 · 深圳

4 APR 成都 标准会议

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

12 DEC 深圳 标准会议



从“制造”到“智造”
机器视觉——不可或缺的关键技术

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

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

12月5日，VisionCon2019将登陆深圳，期待与各界同仁齐聚鹏城，共同探讨在智能制造中不可或缺的机器视觉技术。

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

精彩议程（部分）

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

参会报名

会议咨询　86-21-62511200

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

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

安扬激光FemtoYL–1000工业级飞秒光纤激光器

安扬激光发布商用级平均功率大于 1kW 的工业级飞秒光纤激光器 Femto YL-1000，据悉首台产品将于 2020 年交付世界知名的激光应用中心。

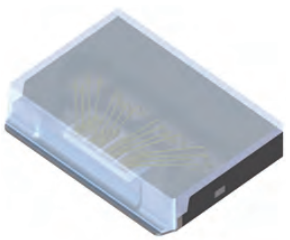


FemtoYL-1000 激光器基于全光纤架构，模块化设计，适应工业领域 7×24 小时的生产需求以及前沿科学研究。FemtoYL-1000 能够提供≥ 1kW 的总功率、大约 500fs 的最小脉冲宽度和 1GHz 的重复频率。它具有良好的光斑模式，脉冲能量稳定性高等特点，较普通高平均功率连续激光具有更高的峰值功率。应用领域包括复合材料加工、高产率工业加工、3D 打印等需要高重复频率的应用。

安扬激光，www.yslphotonics.com

欧司朗新款LiDAR激光器

欧司朗新推出两款 905nm 脉冲激光器 SPL S4L90A_3 a01 与 SPL S1L90A_3 a01，成为全球首款符合汽车 LED 车灯 AEC-Q102 认证的四通道和单通道产品。



这两款产品单个通道电流 40A，输出功率 125W，能效高达 33%，性能强大，为系统开发商提供更多技术先进的选择。四通道产品的芯片具有四个发射区，光功率高达 480W，能够实现更远的激光探测范围，体积仅有 3.35mm×2.45mm×0.65mm，只比单通道版本（2.0mm×2.3mm×0.65mm）略微大一些。此外，单通道产品和四通道产品的热阻非常低，分别只有 30K/W 和 17K/W，因此即使在高电流下，组件的散热也不成为问题。

新产品出色的封装设计，能够实现大约 2ns 的短脉冲宽度。此外，考虑到用户安全，产品还融入了人眼保护的安全系统设计。

欧司朗，www.osram.com/os/

华光光电790nm半导体激光器

华光光电在高可靠性半导体激光器研发中取得关键技术突破，其改进后的 790nm 激光器赢得了客户认可，达到了业内领先水平。

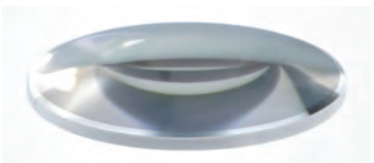


华光光电自主推出的 790nm 激光器产品，具有单模输出、效率高、功耗低、耐高温且可靠性高等优点。凭借先进的外延及封装散热结构，本产品可实现在环境温度 85℃下稳定工作、在 95℃下长期存储，具有出色的抗大电流冲击能力，能够应对复杂多变的使用环境要求。此外，通过改进相关的镀膜技术，本产品还可配合 APC 电路在高温环境下长期工作，提供稳定的光功率输出。目前，已推出的 790nm 激光器包含 TO 封装、C-Mount 封装等多种封装形式。针对传感和检测市场手持、家用设备电流需求低的特点，华光光电还专门推出了 5mW 的小功率产品，其工作电流不足 20mA。

华光光电，www.hggd.cn

II–VI用于大功率工业激光器的非球面蓝宝石透镜

II-VI 推出业界首款用于下一代激光系统的非球面蓝宝石光学透镜，其耐受功率远超过 10kW。



随着功率超过万瓦的工业激光器日益增多，业内对激光光学器件的性能和耐用性提出了更高要求。II-VI 率先采用高品质蓝宝石制作亚微米级非球面透镜，使得蓝宝石在单光学元件设计上超过石英成为可能，并将光学元件的导热性提高了 20 倍，极大地降低了激光功率过大造成的温度变化、焦距偏移现象。在非常高的激光功率下，蓝宝石光学元件的使用寿命也比熔融石英光学元件长得多，从而降低了激光系统使用寿命内的总成本。

II-VI 的蓝宝石光学器件可用于多种透镜设计，并可在紫外到中红外的波长范围内使用。

II-VI，www.ii-vi.com

nLIGHT用于焊接应用的3~15kW光纤激光器

nLIGHT 推出用于焊接应用的光纤激光器系列，功率范围 3~15kW，带有专门为焊接、熔覆和机器人应用而优化的光纤耦合器或光束开关。这些激光器的功能进行了扩

SCIIF
华南国际工业博览会

华南国际工业博览会
South China International Industry Fair

汉诺威工博会与中国工博会
联合打造



工业引领 智享未来

2020年6月2 - 5日
深圳国际会展中心(新馆)

www.sciif.com

- 超 **100,000** 名 专业观众
- 超 **120,000** 平米 展览面积
- 超 **2,000** 家 参展企业

2019年11月30日前报名参展
即享8折优惠!

旗下专业主题展:

MWCS LFSZ EIAS AMS IAS RS MVSZ ICTS DFS

欢迎垂询:021-2055 7138/7139/7140/7141

Deutsche Messe FIERA MILANO
汉诺威米兰展览(上海)有限公司

东浩兰生
上海工业商务展览有限公司
SHANGHAI INDUSTRY & COMMERCE EXHIBITION CO., LTD.

展，使客户能够在汽车、航空航天和一般工业应用领域进入快速增长的焊接市场。

这些光纤激光器集成了光纤耦合器或 2 端口 /4 端口光束开关，实现即插即用的光纤替换。此外，这些产品还具有差异化优势，例如独特的硬件防反射保护，允许不间断地加工反射金属；提供高调制率和功率稳定性，从而提供更大的加工窗口和更高的生产率；可靠的组件和快速的现场可维护性，使用户能享有较高的正常运行时间。

nLIGHT，www.nlight.net

相干公司用于焊接的2~8kW光纤激光器

相干公司的 HighLight FL-ARM 是一款输出功率 2~8kW 的双光纤输出光纤激光器，能为两个独立的工作站提供光源。双光纤输出能提高成本敏感的、大批量焊接应用的生产能力，特别是在汽车制造行业，如车门、悬挂部件、超高强度钢组件和铝制车身框架的焊接。第二根输出光纤也可以作为第一根输出光纤的备份，以最小化服务停机时间。



加工光纤采用相干公司的 Adjustable Ring Mode 配置，其中包括一个双芯传输光纤，它产生一个中心激光点，周围环绕着另一个同心激光环。中心和环形激光的功率可以按需独立调节（从 1%~100%），并且据称切换速度比竞争产品快 1000 倍。这种配置改善了对焊接过程中的锁孔和熔池稳定性的控制。它的多级抗反射系统提高了激光器的可靠性和使用寿命，使高反射材料（包括黄铜、铜和铝）的安全加工成为可能。

相干公司，www.coherent.com

新亮智能采用先进氧化物隔离技术的850/940nm 6mW VCSEL芯片

新亮智能发布独立自主研发的 850nm/940nm 6mW VCSEL 芯片，是一款多模芯片，采用先进的氧化物隔离技术，其氧化物具有很强的光限制作用，能够极大地降低阈值电流和功耗。

相较于 LED 及边发射激光器 0.3nm/℃的波长漂移，此款产品波长漂移仅 0.07nm/℃，性能更稳定。且发射面积小，易于准直；开关时间短，小于 100ps，性能优越。

850nm/940nm VCSEL 芯片适用于各类传感器。接近传感、激光雷达、激光测距器、微粒传感器、有源光缆（AOC）、激光医疗等应用场景都可广泛使用。具体应用如接近传感方面的宾馆、饭店、车库的自动门，商场、家庭自动感应水龙头；激光雷达 / 激光测距器中的跟踪、成像制导、三维视觉系统、主动遥感等；激光雷达应用中的自动驾驶系统（ADAS），例如自适应巡航控制（ACC）、前车碰撞警示（FCW）及自动紧急制动（AEB）等。

新亮智能，www.brightai.cn

TOPTICA Photonics微焦级光纤激光器

TOPTICA Photonics 的 FemtoFiber vario 1030 是一款微焦级光纤激光器，适用于微加工、材料加工和生命科学等应用。



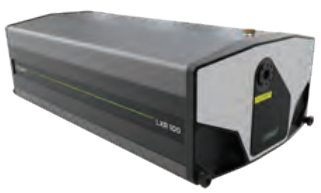
该激光器的中心波长为 1030nm，提供 2W 的输出功率，重复频率高达 1MHz，脉冲持续时间 <300fs。该激光器的特殊功能包括通过群时延色散控制可变的脉冲持续时间，可调节的重复频率（低至按需脉冲）以及卓越的时间和空间光束质量。

该激光器最初是为眼科应用开发的，还可用于包括微加工、材料加工以及生命科学领域。其坚固、紧凑、被动冷却的设计和可拆卸的激光头，便于 OEM 集成和工业运行。

TOPTICA Photonics，www.toptica.com

罗悉激光LXR 100–100W飞秒激光器

罗悉激光推出的 LXR 100-100W 飞秒激光器，采用该公司获得专利的创新技术以及新颖的设计，波长在 343~515nm 之间可选。



其主要特点包括：具备较大的脉冲重复频率和脉冲能量范围，能够针对特定应用进行优化；同步信号用于动态应用中的精确控制；Burst 模式和按需脉冲，能够实现高效处理和应用优化；通过 web 界面、PC 应用程序和可选的移动控制单元，提供详细的诊断 / 故障查找信息；提供一个辅助驱动和冷却单元。

罗悉激光，www.luxinar.com

2019世界智能制造大会分论坛&中德智能制造产业化合作峰会成功举办

继 2016、2017、2018 连续三届中德智能制造合作峰会成功举办后，2019 中德智能制造产业化合作发展大会于 10 月 15 日至 16 日在南京未来科技城举行。第十二届全国政协副主席马培华、第十二届全国政协副秘书长、全国政协教科文卫体委员会副主任张秋俭、中国人民对外友好协会党组成员、秘书长李希奎、中共南京市委副书记、市政府党组书记韩立明、江苏省工信厅副厅长黄萍、南京市委常委、江宁区委书记李世贵、区长严应骏等领导出席活动。

出席大会的还有国家发改委、工信部、科技部有关领导，省市区相关单位和部门领导，以及来自德国、法国等国家政府、机构、院校和企业的嘉宾代表，共计 500 余人。

8 年时间，园区持续探索生产、生活、生态“三生融合”发展理念，取得了令人瞩目的成效。目前未来科技城已形成悠谷、砂之船、创服中心、洲际酒店等一批载体和配套“舰队”，引入科技创新型项目 1500 多个，其中未来网络和智能制造类特色企业达 1000 多家，科技人才类企业 200 多家，引进院士 15 名，各类领军专家 50 余名，各类高端人才 3000 多人。



近年来，园区成功引进长安、国机、华润、中铁等央企，华为、腾讯、中软、途牛、亚马逊、亚信、达索等名企，美国卡耐基梅隆大学、德国弗劳恩霍夫 ILT、IPT 研究所等著名机构，形成强大的新兴产业聚集效应；江苏未来网络创新研究院、南京 3D 打印研究院、南京未来科技城中德技术合作转化中心的相继落户，构筑起高新技术研发平台；与德国制造业名城亚琛市北威州达成深度合作，拓展了国际合作平台，借助“两落地、一融合”工程，为实现南京创新发展增添了新动能。

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

2020.07.08-11
上海新国际博览中心
W1,W2,W3,W4,W5,E1,E2,E3馆

相聚AMTS 2020
即刻扫码预定展位



Reed Exhibitions Hengjin
励进展览(上海)有限公司

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

广告索引 Advertisers Index

Advertiser	广告商名称	网址	页码
ACS Motion Control (China)		www.acsmotioncontrol.cn	17
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
AMTS 2020	上海国际汽车制造技术与装备及材料展览会	www.shanghaiAMTS.com	43
贝林激光		www.bellinlaser.com	5
CAMBRIDGE TECHOLOGY, A NOVANTA COMPANY		www.cambridgetechnology.com	3
CASTECH INC.		www.castech.com	23
CDIIF 2020	成都国际工业博览会	www.cdiif.com	35
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/119-8617	13
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	19
Luxinar	罗悉激光	www.luxinar.com	11
Newport	理波光电	www.newport.com.cn	1
Santec		www.santec.com.cn	IFC
SCIIF 2020	华南国际工业博览会	www.sciif.com	41
安扬激光		www.yslphotonics.com	IBC
II-VI		www.ii-vi.com	7

eFOCUS VIDEO Magazine Webcast
www.laserfocusworld.com.cn

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)

ACT International (雅时国际商讯)
Unit B, 13/F, Por Yen Building,
No. 478 Castle Peak Road,
Cheung Sha Wan,
Kowloon, Hong Kong
Tel: 852 2838 6298

Publishing Director (出版总监)
Adonis Mak (麦协林)
adonism@actintl.com.hk

General Manager - China (中国区总经理)
Michael Tsui (徐旭升)
michaelt@actintl.com.hk

Editor-in-Chief (总编辑)
Rossie Pang (庞会荣)
rossiep@actintl.com.hk

US Offices

ENEADOR Business Media, LLC
61 Spit Brook Rd, 5th Floor Nashua,
NH 03060
Group Publisher
Alan Bergstein
alanb@endeavorb2b.com

Editor in Chief
John Lewis
jlewis@endeavorb2b.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Asia (亚洲)

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

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

North America (北美)

East & Central
Jeff Nichols
jnichols@endeavorb2b.com
Tel: 1-413-442-2526

West & Mountain
Anne Marie St.John-Brooks,
amstjohn@endeavorb2b.com
Tel: 510.606.0630

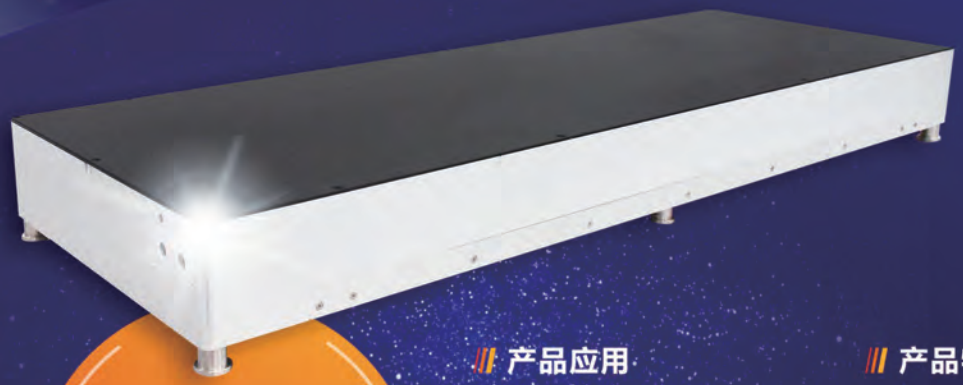
Europe & Middle East (欧洲及中东)

Europe
Holger Gerisch
hgerisch@endeavorb2b.com
Tel: 49(0)8801 9153791

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

YSL 安扬激光
Photonics

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



100W 飞秒光纤激光器

产品应用

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

产品特点

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

20W 超连续谱光源



产品应用

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

产品特点

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

AEROTECH 纳米级定位科技

直线定位平台 • 旋转定位平台 • 垂直举升与Z轴平台 • 测角仪

Aerotech生产之直线奈米定位系统提供:

- 1 nm 分辨率
- <1 nm 定位稳定性
- ±75 nm 重复定位精度
- ±250 nm 定位精度
- 最高至160 mm 之行程

Aerotech生产之旋转奈米定位系统提供:

- 0.01 arc-second 分辨率
- 0.005 arc-second 定位稳定性
- 1.5 arc-second 重复定位精度
- 3 arc-second 定位精度
- 360° 连续旋转运动或有限行程旋转运动



AEROTECH

www.aerotech.com • +86 (21) 5508 6731

AF0119B-RAD