光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2022年5/6月 第3期
ISSN: 1817-6917

激光世界
LaserFocusWorld® China

飞秒激光加工正在工业应用领域繁荣发展 31

疫情、全球经济以及激光和光子学市场 9
量子处理器的发展满足未来计算需求 18
超透镜正在引发光学行业的一场变革 22
飞秒激光表面微结构加工满足严苛的散热需求 26

ACT
ENDEAVOR BUSINESS MEDIA

微信公众号

CIOE
中国光博会

2022年9月7-9日
深圳国际会展中心（宝安新馆）



激光技术及智能制造展
LASERS TECHNOLOGY & INTELLIGENT MANUFACTURING EXPO

专注于激光精细加工及创新应用

同期展会

- 信息通信展 INFORMATION AND COMMUNICATION EXPO
- 精密光学展&摄像头技术及应用展 PRECISION OPTICS EXPO & CAMERA EXPO
- 红外技术及应用展 INFRARED APPLICATIONS EXPO
- 智能传感展 INTELLIGENT SENSING EXPO
- 光电子创新&新型显示创新技术展 PHOTONICS INNOVATION & DISPLAY EXPO

第24届中国国际光电博览会

240,000M²展示面积 | 10,000+专业观众 | 3,000+参展区业

扫码登记免费参观

新品

紧凑，
灵活和高智能



SCANcube IV: 适用于标准应用的紧凑型扫描头

- 具有高动态特性的针对特定应用的调校
- 系统线性度提高30%
- 可选的进程监控回读功能
- 最优性价比

www.scanlab.de

LASER World of PHOTONICS CHINA
Visit us at Booth #B213 in Hall 7.1
at NECC, Shanghai, July 13–15

SCANLAB
innovators for industry

市场观察

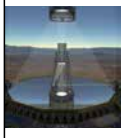
9 疫情、全球经济以及激光和光子学市场



2022 LPMS会议上，众多业内资深人士的主题演讲，为我们了解激光与光子学行业的发展方向、市场机会和面临的挑战等焦点问题，提供了有价值的参考。

技术中心

16 纳米定位



不断发展的纳米定位系统扩大应用基础

随着生物技术、激光加工、天文学和其他应用的进步，具有高吞吐量的纳米级精密运动控制和定位的发展将至关重要。

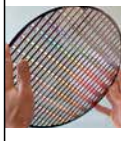
18 量子器件



量子处理器的发展满足未来计算需求

目前的量子器件拥有几十个量子位，但未来的通用量子计算机将需要数百万到数十亿个量子位。

22 超透镜



超透镜正在引发光学行业的一场变革

超透镜技术的发展显示了其在光学、成像和显示系统方面的应用前景。现在能在计算机芯片工厂内制造超透镜，将有助于加快超透镜的采用和成本降低。

工业激光专栏

26 飞秒加工



飞秒激光表面微结构加工满足严苛的散热需求

飞秒激光加工能在材料表面创建微纳米结构，显著增加表面积和热辐射率，从而使冷却速度提高100%或更多。

29 飞秒加工



飞秒激光源为工业加工应用带来新机会

飞秒激光源凭借其所能提供的功率和控制能力，正在为汽车、电子和制药等行业带来了新的激光加工机会。

31 飞秒加工



飞秒激光加工正在工业应用领域繁荣发展

随着功率的提升和成本的下降，飞秒激光器正成为许多精密工业加工的青睐之选，是工业激光市场中一个快速增长的部分。

34 激光焊接



双振镜头拼焊实现电子烟发热丝引脚的高效稳定焊接

配备双振镜头的准连续光纤激光焊接系统，配合磁性吸附治具，使电子烟发热网丝引脚的焊接良率超过了99%。

36 慕尼黑光博会展品

4 编者的话

6 前沿简讯

42 产品撷英

44 广告索引

关于《激光世界》

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

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

请查询本刊专业网站：www.laserfocusworld.com.cn。

扫一扫 免费下载电子书

MARKET WATCH

9 COVID-19, global economy, and laser & photonics markets

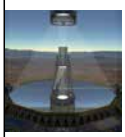


At the 2022 LPMS, the keynote speeches of many industry veterans provided a valuable reference to understand the development trends, market opportunities and challenges of the laser and photonics industry.

TECHNOLOGIES CENTER

16 Nanopositioning

Evolving nanopositioning systems expand application base



As biotechnology, laser processing, astronomy, and other applications advance, the evolution of nanometer-precise motion control and positioning with high throughput will be crucial.

18 Quantum Devices

Scaling up quantum processors



Current quantum devices hold tens of qubits, but a future universal quantum computer will require millions to billions of qubits.

22 Metalens

The metalens revolution is well underway



The evolution of metalens technologies shows its promise for optical, imaging, and display systems, and now fabrication within the same plants as computer chips may help speed its adoption and drop costs.

INDUSTRIAL LASER COLUMN

26 Femtosecond Processing

Femtosecond laser creates micro-nanostructures on surfaces to meet the demanding thermal management needs



Femtosecond laser machining has the ability to form and create micro-nanostructures on surfaces to significantly increase their surface area and emissivity to values that accelerate cooling by 100% or more.

29 Femtosecond Processing

Femtosecond laser sources to revolutionize industrial applications



With the ability to provide both power and control, femtosecond laser sources enable new laser processing opportunities for industries such as automotive, electronics, and pharmaceuticals.

31 Femtosecond Processing

Femtosecond laser processing is a flourishing production tool



As advances in femtosecond laser cutting technology intensify, demand is surging.

34 Laser Welding

High efficiency and stable welding of electronic cigarette heating wire pin realized by dual scanner welding



The QCW fiber laser welding system equipped with dual scanner, combined with magnetic adsorption fixture, makes the welding qualification rate of electronic cigarette heating wire pin exceed 99%.

36 SHOWCASE

4 EDITOR'S NOTES

6 LEADING EDGE SNAPSHOTS

42 PRODUCTS HIGHLIGHTS

44 AD INDEX

About Laser Focus World China

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

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

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

飞秒激光迈向工业加工之路

转眼间，2022 年已经过去了小半年的时间，虽然此起彼伏的疫情让很多业务发展不得不放缓下来，但是激光与光子学技术的发展却并未放缓。疫情导致很多线下活动及差旅业务的暂停，这恰恰让人们有了更多时间钻研技术创新，比如在超快飞秒加工、量子器件、超透镜等方面，都涌现出了很多新发展。

从市场方面来看，尽管疫情和当前的全球经济大环境对激光行业产生了一定影响，但是暂时的放缓阻挡不了激光技术在未来的汽车、微电子、新能源、医疗等行业中所发挥的重要作用。2022 年初于 SPIE Photonics West 期间举办的 Lasers & Photonics Marketplace 研讨会，云集了众多行业资深人士的主题演讲，他们针对当下的全球经济状况、全球工业激光市场、不断发展壮大的中国激光市场、整个行业的创新需求、发展趋势以及面对的挑战等热点话题，分享了各自的观点（p10）。

飞秒激光器在技术上的不断突破，使其在性能提高的同时，成本也在逐渐下降，这将让更多的工业应用能够逐渐“用得起”这种尖端的激光技术。随着越来越多的企业投身于飞秒激光器的研发生产，飞秒激光源正在为工业加工应用带来更多新机会：比如通过在表面上加工微纳结构，来增加表面积和热辐射，从而实现更快的散热效果（p26）；飞秒激光用于切割玻璃、在玻璃内做标记、分割金属箔，用于碳纤维复合材料的切割和钻孔（p29）；以及用于各种医用支架的切割和非金属加工等（p31）。目前，飞秒激光加工是工业激光市场中增长快速的一个细分领域，未来随着进入市场的产品不断增多和技术的进步，相信会有更进一步的性能提升和成本下降，届时飞秒激光加工技术将会走向更广泛的工业加工市场。

如今，人工智能、工业互联等应用正在涌现出海量的计算需求，经典的计算机已经达到了算力极限，而量子计算机是解决超级算力问题的关键。最近几年很多公司已经开始着手开发光量子器件，用于满足未来的计算需求，率先抢占量子市场这一新高地（p18）。

光学行业中一款具有潜在颠覆性的产品——超透镜正在悄然发展。超透镜相比于传统透镜在性能上的优势、小型化以及能在现有芯片厂中制造等特点，将有助于其成本的降低和加快采用（p22）。

本期内容中，我们还精选了纳米级运动控制和定位系统的发展及应用（p16），以及用于电子烟内部组件精密焊接的双振镜头高效拼焊方案（p34）；另外还有 2022 年上海慕尼黑光博会部分参展产品的提前预览，供读者参考。❑

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 姚丽莹 Hatter Yao
电邮 hattery@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
记者 陈玉婷 Julie Chen
电邮 juliec@actintl.com.hk
技术顾问 顾正

免费赠阅咨询
电话 (86) 755-2598 8573
(86) 755-2598 8567
传真 (86) 755 2598 8567
电邮 circulation@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

© 2022 版权所有 翻印必究

深圳电子元器件及物料采购展览会
Electronics Sourcing Show

聚焦五大展示主题

打通电子制造全产业链，解决“缺芯少料”之困



主办单位：深圳市电子商会 Shenzhen Electronic Chamber Of Commerce　RX 励展博览集团 同励百业·共展商机

同期展览：NEPCON ASIA　AUTOMOTIVE WORLD CHINA New Energy New Intelligence New Trends 新动力·新智能·新趋势　S)FACTORY　国际全触与显示展 C-TOUCH & DISPLAY

展会时间 **2022年10月12-14日**

展会地点 **深圳国际会展中心(宝安)**

参展热线 **0755-83759287**

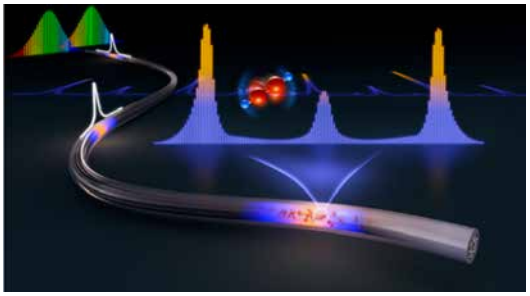
官方微信公众号

*此展览只供业内人士参观，18岁以下人士恕不接待

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

长春光机所等在激光光谱气体传感研究中取得进展

近日，长春光机所应用光学国家重点实验室研究员王强团队和香港中文大学教授任伟团队，创造性地提出了双光梳光热光谱方法（DC-PTS），首次实现了基于光频梳的气体分子光热光谱测量。DC-PTS 的原理是采用双光梳光源作为泵浦源，用其中一列光脉冲在另一列光脉冲的持续时间内等时长移动，周期性调制光脉冲。在频域内，双光梳光源的每一对梳齿的外差拍频，可对气体分子吸收实现特定频率的强度调制。强度调制引起的光热效应会周期性调制介质折射率，因此当双光梳通过气体介质并被吸收时，介质折射率携有一系列的调制频率。采用光学干涉测量折射率调制并进行傅里叶变换，即可得到对应的宽波段范围内的光谱信息。



图：双光梳光热光谱方法概念图。

研究采用电光调制器产生了具有天然内禀互相干的双光梳泵浦激光，用一根 7cm 的反谐振空芯光纤构建了全光纤法布里干涉仪，仅用 mW 量级的激光便可实现 kW•cm^{-2} 量级的泵浦光强。在空芯光纤 28μm 的空间尺度内，该光梳可同时以上百个不同频率对气体折射率进行调制，对 0.17μL 采样体积的气体实现了 ppm 级的探测灵敏度和超过 1THz 谱宽的光热光谱测量。

研究提出的双光梳光热光谱方法，具备单波长激光光谱测量的高选择性和快速响应特点。光频梳和光热光谱技术的融合，使同时具备宽光谱、高分辨率、极低耗气量和高灵敏度成为可能，为分子探测提供丰富的光谱信息，针对大气监测、深空探测、海洋科学、呼气诊断等不同领域，对精密气体探测的需求提供多功能的光谱气体传感技术。❑

上海光机所突破多项“卡脖子”技术

上海光机所于近日完成了以下三项技术突破：

（1）国家重大专项核心光学元器件 N41 钕玻璃用包边玻璃完成研制工作

N41 钕玻璃元件是国家重大专项高功率激光装置的核心，包边玻璃是确保钕玻璃元件增益性能的重要核心材料。上海光机所超计划完成包边玻璃的生产任务，为国家重大专项的顺利开展打下了坚实基础。

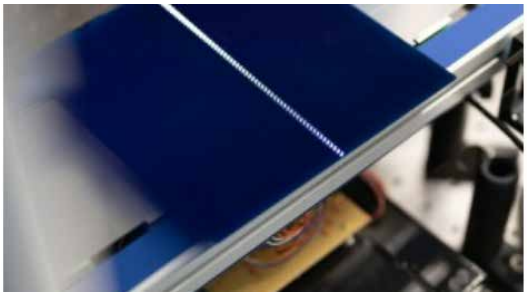
（2）国际首创的米级光栅大口径离轴反射曝光技术取得突破性进展

上海光机所疫情期间，项目组封闭攻关，成功利用大口径离轴反射曝光系统制作米级脉冲压缩光栅，该项目加工极具挑战，国际上至今没有报道过利用离轴反射镜曝光成功制作米级光栅的先例。该创新方案得到了科技部重点研发计划变革性技术项目的支持。

（3）国际领先的大尺寸 DKDP 长籽晶快速生长技术取得新进展

上海光机所利用长籽晶生长技术，在国际上首次获得 600mm × 600mm × 800mm 的大尺寸 DKDP 晶体，为高功率激光驱动器系统用混频 DKDP 晶体研制提供一种全新的技术方案。不同于传统生长技术及点籽晶快速生长技术，上海光机所创新性地提出 DKDP 晶体的长籽晶生长技术方案。该方案的核心是以长籽晶替代点籽晶作为晶体生长初始籽晶，相关技术已经获得中国、美国及俄罗斯专利授权。目前，上光所已经在 DKDP 晶体生长及切割工作中取得新突破。❑

使用飞行激光设备在大型晶圆上进行高速加工



为了能够制造更高效的太阳能组件，光伏产业正越来越多地将其生产转向更大的晶圆形式。生产边长达 210mm、质量稳定一致的太阳能电池，为设备制造商带来了新挑战。

弗劳恩霍夫太阳能系统研究所（Fraunhofer ISE）的一个研究团队现已成功实施了一种新的系统概念，即大幅面太阳能电池在激光扫描仪下高速移动时，不断对其进行处理。新的太阳能电池处理系统每秒可以加工 50 万个接触点，有效吞吐量超过每小时 15000 片太阳能晶片。

为了生产普通的钝化发射极和后电池（PERC）太阳能电池，激光脉冲用于局部打开薄绝缘层进行电接触。有了这一新概念，太阳能电池制造商可以生产边缘长度 210mm 的大面积太阳能电池。使用标准激光处理系统不可能在不做出妥协的情况下实现大面积生产：更大的处理面积意味着降低激光束的穿越速度或应用更大的结构尺寸，这分别会导致吞吐量或质量的损失。在这方面，目前用于太阳能电池加工的商用系统的吞吐量已经是一个限制因素。

Fraunhofer ISE 的新概念适用于实现大面积晶圆格式，如 M12 和 G12，即使具有高吞吐量和小结构尺寸。新系统的核心是项目合作伙伴 MOEWE Optical Solutions 提供的多边形扫描技术，其中一个高速镜让激光束以超过 3000km/h 的速度在样品上移动，这比现有方案快了大约 20 倍。新系统每小时能处理 15000 片太阳能晶片，其吞吐量明显高于当前每小时 7000 片块的行业标准。该成果对提高太阳能电池生产的生产率和降低成本，有重要意义。❑



通快推出新一代多用途光纤激光器

通快推出了全新光纤激光器TruFiber P系列和S系列，开创激光技术的新时代。这些新型光纤激光器是真正的多用途工具，可用于焊接和切割厚、薄和尤其难以切割的材料。

其中，TruFiber S将强大的光束源与环芯可调焊接技术（又称BrighLine Weld）等先进功能结合起来，有助于提高加工质量和生产率。环芯可调技术的核心是一种二合一的激光光缆（LLK），它具有通快专利的内芯和环芯光纤设计结构，可实现激光功率在内芯和环芯之间的分配。TruFiber S系列有单光路和双光路两种选项，后者可将激光用于两个系统，实现一机两用。支持光缆即插即用也是该系列的一大亮点，这使TruFiber S成为汽车行业等大型生产线的绝佳选择。



图：通快光纤激光器内部光学构造。

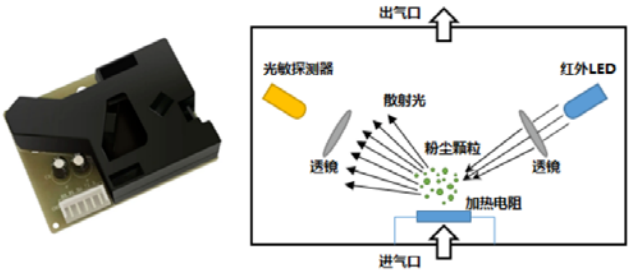
TruFiber P系列提供VariMode选配项，光束特性可以适应不同的制造要求，可以高速加工钢、铝等薄板，也可以加工铜、黄铜和其他高反射性材料。VariMode可以快速改变光束轮廓，在钻孔和切割低碳钢制成的厚金属板时实现最佳的表面质量。VariMode让用户加快切割和钻孔的速度，节省后道工序，并在降低运营成本的同时提高切割和焊接应用的工艺质量。

TruFiber S和TruFiber P系列光纤激光器还具有闭环功率控制功能，能保持长时间高功率稳定输出，日复一日，持续多年。强大的加工头和可编程扫描振镜（PFO）为远程焊接和钻孔提供便利。VisionLine图像处理确保了焊接时的准确度。它能自动定位工件上的目标位置。CalibrationLine Focus能够检查并纠正工件上的聚焦位置。CalibrationLine Power可对激光功率进行同样的检查。这种检查和校正程序是在用户自定义的时间间隔内进行的，具有更好的追溯性。❑

半导体激光器在PM2.5粉尘传感技术中的应用

早期的粉尘传感器，主要使用红外LED作为光源，而这种方式测量数值误差较大，且无法适应尘源变化环境，难以实现对PM2.5等颗粒物的实时监测。

为追求更高的性能，PM2.5传感器开始引入激光技术，使用小功率半导体激光器作为光源，替代原有红外LED。通过风扇或鼓风机，将采样空气推入激光光束所在区域，空气中的颗粒物将激光散射，且不同粒径的颗粒物散射角度、光强分布均有差异；通过在不同位置安装光敏探测器，分别收集散射光并转换为电信号，分析后可快速获得不同尺寸颗粒物的浓度，从而实现高精度测量。与红外LED传感器相比，激光传感器可在高精度、复合尘源、不同直径颗粒物浓度测试，如中央空调、车载空调、空气净化器、油烟传感、扬尘监控等领域应用。



图：红外LED粉尘传感器示意图及内部结构。

除了室内家电，车内及室外环境下对PM2.5检测的需求也日益强烈。面对更复杂的使用环境，不但要求传感器所用的小功率半导体激光器具有稳定的出光功率，还可在极大的环境温度变化范围内长期工作，故对激光器整体可靠性提出了更高要求。早期PM2.5传感器多使用进口品牌，但近几年山东华光光电子股份有限公司在半导体激光器研发中取得关键技术突破，将高可靠性外延结构设计及生长、高质量腔面镀膜工艺、全自动金锡共晶工艺、全自动老化及测试分档等先进技术引入小功率半导体激光器制造领域，以650nm、790nm为代表的小功率半导体激光器产品，可在下至-40℃、上至85℃的苛刻环境下稳定工作，已在PM2.5检测领域获得业内龙头企业及众多客户认可，已大规模应用于室内外、车载PM2.5传感器中。❑

疫情、全球经济以及激光和光子学市场

编者按：

2022年1月，Laser Focus World于SPIE Photonics West期间举办的Lasers & Photonics Marketplace Seminar (LPMS)在被疫情中断线下活动后，再次重返旧金山成功举办。2022 LPMS吸引了众多业内资深人士积极参与，他们带来的高质量主题演讲，将为我们了解激光与光子学行业当下所处的大环境、今后的发展方向、市场机会、遭遇的挑战等焦点问题，提供有价值的参考信息。本文精选了几位嘉宾的演讲精华内容，以飨读者。

疫情爆发后的全球市场

文/Justine Murphy



“自 2020 年以来，新冠疫情在全球持续肆虐，这在很大程度上改变了人们的行为，特别是在经济方面。”Sage Policy 集团董事长兼首席执行官 Anirban Basu 博士在开幕演讲中说，“这是不可避免的。”他从当前的经济状况以及人们对后疫情时代的期望，对全球市场进行了深入分析。

在 2020 年初疫情爆发时，许多人预测经济将出现数周的停滞。“随后，经济会迅速恢复常态。但现在，完成经济恢复工作我们已经用了两年的时间。这么长的时间足够改变人们的行为，而任何改变行为的事情都会改变经济结果。”Basu 如是说。

2020 年美国经济下滑 3.4%，疫情使得餐馆、娱乐场所和其他非必要企业被迫关闭。其他北美国家的经济也受到了疫情冲击：墨西哥经济下滑 8%，加拿大下降超过 5%。2020 年的欧洲国家情况类似：德国经济下降近 5%；法国下跌 8%；意大利下滑近 9%；西班牙下滑 11%；英国下降近 10%。

经济的普遍下滑也可部分归因于疫情导致的旅游业受损。比如加勒比海和维尔京群岛这两个严重依赖于旅游业的地区，其经济都受到了巨大冲击。

“我们的损失变成了其他经济体的收益。因为疫情，我们不能休假，也不能经常外出，所以人们就购买了面包机、烤箱之类的烘焙设备，在家做美食。”Basu 说，“而这些设备通常都是中国制造的，我们在服务上的支出下降了，但在制成品上的支出却上升了。”

对家庭用品需求的增加，推动了 2020 年中国经济的增长。中国已经是世界第二大经济体，中国制造业在全球制造业中占据 25% 的市场份额。

自然资源密集型经济体也获得了增长。圭亚那（南美国家）是目前世界上增长最快的经济体，这要归功于在这里发现的铝土矿（一种沉积岩，是铝的关键成分）。铝土矿是圭亚那所依赖的主要商品之一，目前铝的价格一直处于历史高位。

其他自然资源密集型国家也实现了经济增长，比如西非的几内亚。2020 年，这个小国的铝土矿产量占全世界的 22%。

在许多情况下，包括西非在内的自然资源密集的经济体，往往比其他经济体表现更好。2020 年，埃塞俄比亚成为世界上增长第三快的经济体。该政府在基础设施建设方面投入了大量资金，并大力倡导从农业经济转向服务型经济。

爱尔兰是个依赖贸易的小国，2020 年该国也收获了经济增长。爱尔兰是许多跨国公司的所在地，而这些跨国公司大多是科技公司，当年这些公司都大幅增加了出口。2020 年爱尔兰的国内需求下降了 5.5%，但是“繁荣的出口”使该国经济得以增长。技术出口是爱尔兰的特色，这也是促使其经济增长的原因之一。

当前的经济状况

在保持低价格方面，美国已经从与中国经济和墨西哥经济更好的融合

中受益匪浅。“当然这也付出了一些代价，比如工业领域大量工作岗位的流失等。”Basu 还提到了最近通胀率的激增，“不仅在美国，而是在全球。”

“这在很大程度上与全球贸易支离破碎的事实有关。”Basu 说，“突然之间，世界上的人变得有些分离和互不相干。在全球供应链断裂的情况下，你将得到什么？你得到的是更高的价格。”根据美国联邦公开市场委员会（FOMC）的数据，通胀率的激增在一定程度上是由货币政策推动的。FOMC 还将经济增长和衰退、就业市场的变化等暂时性因素列为通胀上升的原因之一。

病毒的变异传播加剧了这些问题。总体通胀率一直高于 2% 的标准目标，并可能在 2022 年持续上升；消费者通胀率已经达到了每年 7% 的高位。

通货膨胀也可以归因于货币供应的增长和变化。为了更好地解释这一点，Basu 引入了一个“交易方程”：M×V=P×Y。其中，M 是货币供应量；V 是货币流通速度；P 是价格水平；Y 是产出量。也就是说，货币供应量乘以流通速度，代表了可用于金融交易的资金量，等于可购买的产品乘以产品的价格。价格水平的变化百分比就是通胀率。

Basu 说：“当像美联储那样增加货币供应时，可能会发生两件事：一是通货膨胀，一是增加产出量。这正是问题所在。全球供应链一直在崩溃，我们没有足够的卡车司机来运送货物，我们没有足够的建筑工人和制造工人。不仅仅是美国面临这样的问题。我们没有足够的计算机芯片，所以无法制造车辆，产量增长受到限制。因此，当增加货币供应量时，在无法增加产量的情况下，大部分负担就落在了通货膨胀上。”

政府意识到这并不是一个暂时的问题，正在“着手改变货币政策”，比如实施量化宽松的货币政策，以此来刺激经济增长。

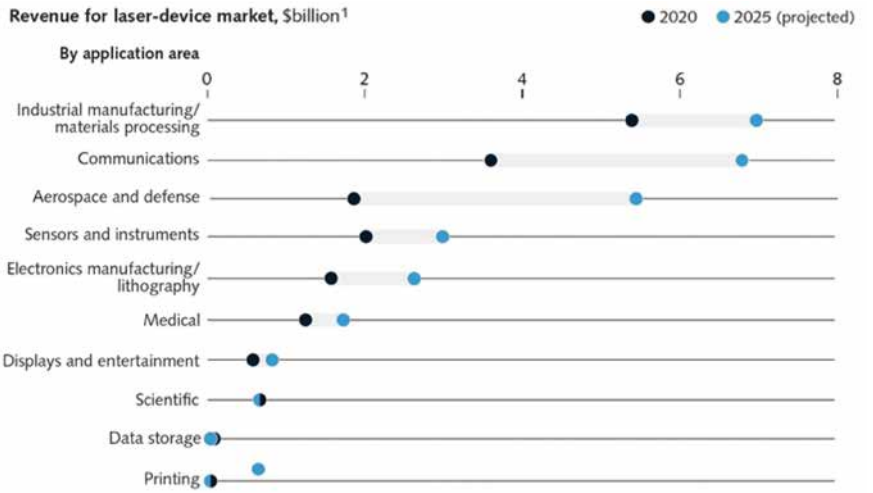


图1：激光设备市场的收入情况（按细分市场）。

通货膨胀的另一个驱动因素是“劳动力市场的功能失调”，2020 年的就业率整体下降，其中受打击最大的是青年就业。发达国家、发展中国家和新兴经济体的青年就业率都在下降。特别是在新兴市场，13% 的青年就业岗位被摧毁。男性失业率往往高于女性，低技能工人比高技能工人失去更多工作。

这促使美国开始设立政府刺激基金。2020 年 3 月签署的《冠状病毒援助救济和经济安全法案》（CARES Act）提供了超过 2 万亿美元的资金支持，其中包括增加和延长失业保险福利，以及向企业提供贷款和补助等。几个月后又出台了第二个刺激方案。

2020 年 3 月，美国失去了 170 万个工作岗位，4 月份失去了 2070 万个工作岗位，这相当于在过去 113 个月（近 10 年）增加的工作岗位的数量。刺激计划最终增加了数百万个工作岗位。在 2020 年 5 月至 8 月期间，新增了近 3100 万个工作岗位。但是好景并没有持续多久，到 12 月，人们又在失去工作。

未来预测

麦肯锡公司的一份报告预测，到 2025 年，激光设备市场的年均增长率约为 10%，从 2020 年的 170 亿美元增加到 280 亿美元（见图 1）。预计 2022 年总体经济增长 5.2%。但 Basu 对此持不同意见。

“我不知道我们国家如何能实现 5.2% 的经济增长，在全球供应链出现问题的情况下，我们没有足够的工人实现这样的经济增长，我们缺少 8 万名卡车司机。”Basu 说道。

过去两年的运输成本非常高。“这是全球供应链如此断裂的原因之一，因为很难以经济高效的方式运输产品。”Basu 说，“现在一些运输成本已经开始下降，全球供应链正在逐渐改善，运输成本正在下降，这是我们希望看到的，以推动全球经济再次起飞。”

预计到今年 4 月，疫情将有所缓解，经济将开始出现明显改善。宏观经济的增长将带动激光和光子学市场。Basu 预测今年美国的 GDP 将增长 3%~4%。

“我认为这将是美国经济增长的一年，也将是全球经济增长的一年。”Basu 总结说。❑

全球工业激光器和激光系统市场

文/Sally Cole Johnson

在 2022 LPMS 会议上，市场咨询公司 Optech Consulting 的 Arnold Mayer 介绍了他对全球工业激光器和激光系统市场的分析情况。值得注意的是，用于材料加工的激光系统市场，在 2021 年创下了 210 亿美元的新纪录。

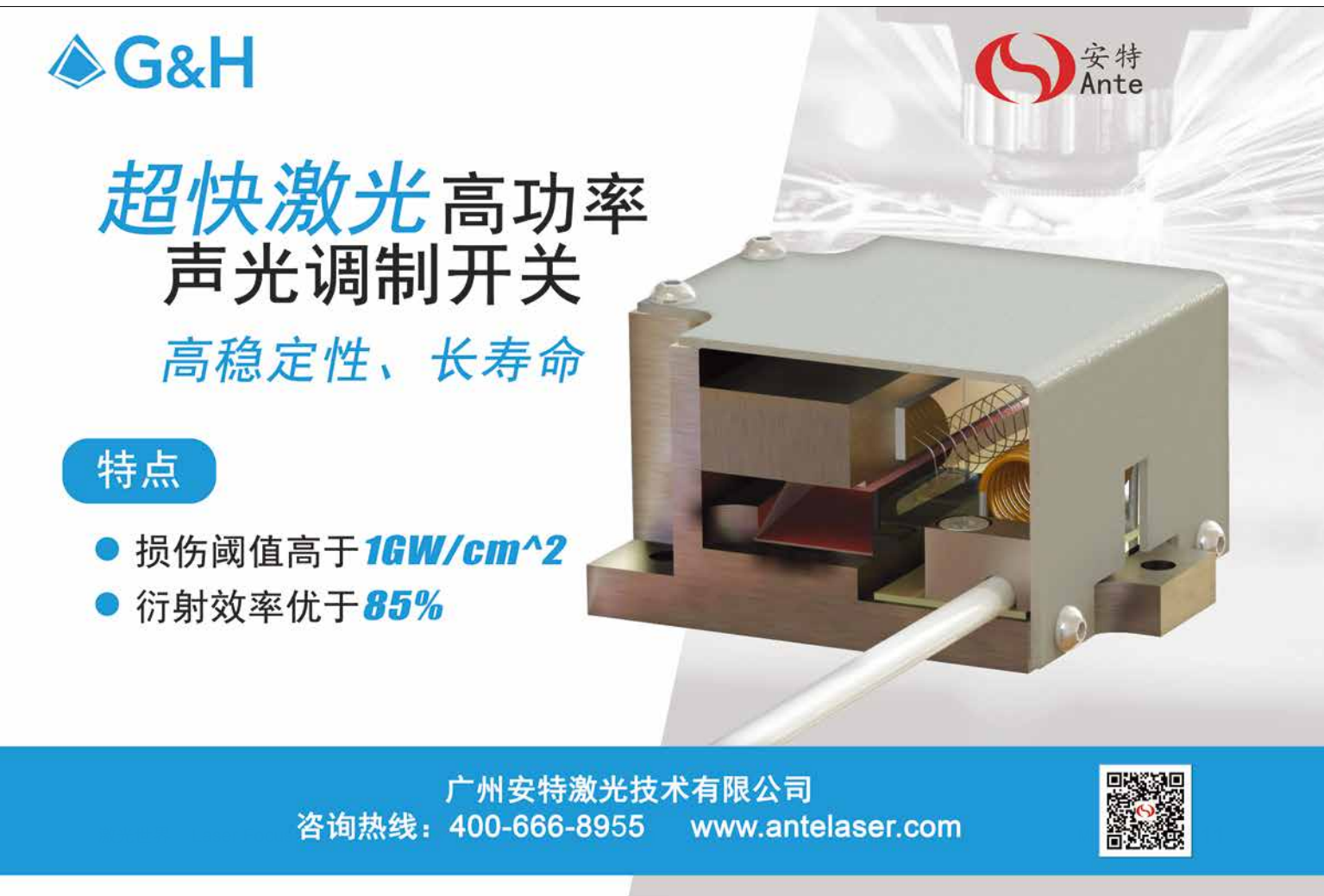
“从材料加工的细分市场来看，目前高功率激光切割和焊接系统的市场份额最大，约占半壁江山；”Mayer 说，“用于微电子加工的系统约占 1/4 的市场份额；用于打标的系统占据 10% 的市场份额；其他系统，如平均功率小于 1kW 的激光系统占据 18% 的市场份额。”

这些材料加工系统主要分为两大部分：宏观加工系统（约占市场份额的 75%）和微观加工系统（约占市场份额的 25%）。



激光宏观加工系统包括：用于切割、钻孔、焊接金属和塑料、打标、增材制造、清洗烧蚀和表面处理的激光系统。它们包括高功率加工（平均功率 1kW+）、低功率加工和低功率精密加工（微观加工除外）。

激光微观加工系统包括：用于特定微电子制造的烧蚀和构造、光刻、退火、切割、钻孔和连接的激光系统过程。微电子制造业涉及半导体、LED、平板显示器、PCB、电子元件和混合电路、太阳能电池、电池（不包



括电池组）、光纤元件、MEMS 和微流控器件等行业。

“2020 年全球激光系统和材料加工市场分为四个部分，分别是：电气和电子行业（39%）、金属加工和车间加工（35%）、非金属加工（9%）和汽车行业（17%），这四部分的市场规模共计 170 亿美元。”Mayer 解释说。

Mayer 并没有对 2021 的情况进行分析，但他预计 2021 年的份额变化不会超过一到两个百分点。

他指出，一个重要的收获是“电子、汽车、通用金属和钣金加工领域的资本支出，对于激光系统的需求及其起伏至关重要。”

全球地域市场分布

2021 年全球激光材料加工系统市场的地域份额分布如下：欧洲 19%，美国 16%，中国 35%，亚洲和其他国家占剩下的 30%。

“今天，仅中国市场就消耗了所有工业激光系统价值的 35%，”Mayer 说，“对于大功率切割和焊接系统，2021 年中国市场占据的份额在 40% 以内。考虑到中国在全球制造业和激光相关的行业中所占据的份额，这个数字并不奇怪。近年来中国市场发展的一个主要驱动因素是低成本系统的出现，尤其是用于打标和切割的系统，这使得中国市场上的激光加工系统销量激增。在过去的十年中，中国的制造业在迅速采用激光工艺。如今，激光加工在中国制造业中的应用程度，已经达到了能与美国或欧洲相当的水平。”

“2021 年是中国出口的极好年份，这是中国激光制造业的主要发展驱动力。应该注意的是，2021 年上半年的强劲增长，部分原因是由于前一年市场低迷积压的需求。2021 年下半年的增长率有所下降。”

工业激光器市场

2021 年，全球用于材料加工的激光器的市场规模为 52 亿美元，相当于激光机器市场规模的 25%。

Mayer 补充道：“2021 年的数字只是初步估计，其中光纤激光器约占据了 52% 的市场份额。目前使用的大多数非光纤激光器，都是出于波长原因。”

在过去的十年中，光纤激光器的市场份额从 15% 增长到了 50% 以上，而其他类型激光器的市场份额几乎停滞不前。

高功率光纤激光器

用于大功率钣金切割的光纤激光器的功率正在稳步增长，10kW 及更高的功率在今天已经相当普遍。

Mayer 指出：“激光器和激光系统价格的下降，推动了切割和焊接产品的销量。在过去的五年中，千瓦级光纤激光器的销量增长了 10 倍多。”

在过去的五年中，高功率光纤激光器的每瓦价格有所下降：常规光纤激光器的每瓦价格下降了 70%，低成本产品的每瓦价格下降了 85%（中国市场）。

目前光纤激光器市场分为两类：一类是在产品质量、正常运行时间、使用寿命和全球服务方面表现优异的常规产品；另一类是具有成本优势的低成本产品。

市场趋势及预测

全球激光材料加工市场，仅在 2017 年和 2018 年这两年内，就累计增长了 50%（见图 2）。“市场的急剧增长是由于一些主要终端行业的强劲需求。”Mayer 说，“在电子行业，显示器制造市场是一个巨大的推手，尤其是退火、显示器切割和触摸屏切割应用。”

在半导体领域，“封装应用和 EUV 应用都在增长，”Mayer 补充说，“在 PCB 行业，激光切割应用（包括液晶聚合物在内的激光切割应用）进

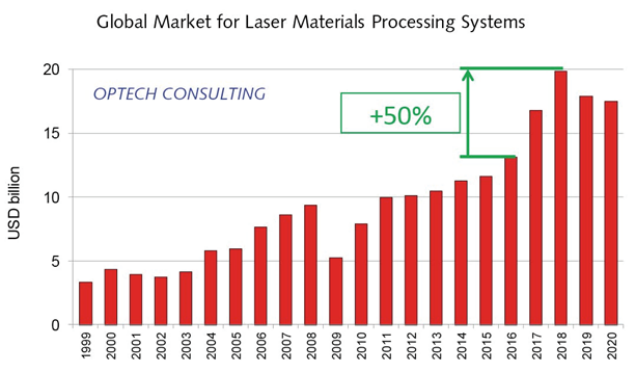


图2：全球激光材料加工系统市场，仅在2017年和2018年这两年内，就累计增长了50%。

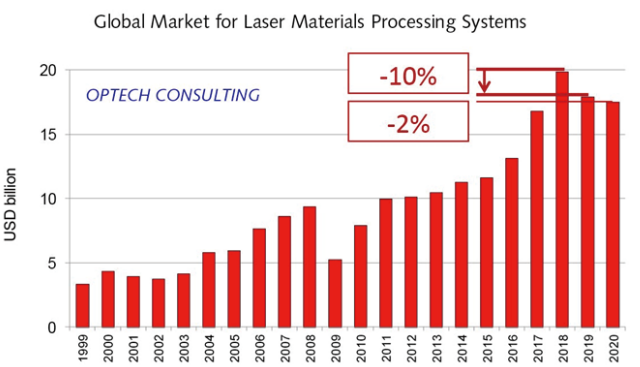


图3：全球激光材料加工系统市场，2019年下跌了10%。

一步推动了市场增长。在汽车行业，电动汽车领域的激光应用推动了市场增长。”

全球激光材料加工市场

2019 年，全球激光材料加工市场下跌 10%（见图 3）。“由于智能手机销量下降，消费电子行业大幅减少了投资。”Mayer 说，“另外，由于汽车销量下降，汽车行业也缩减了投资，中国市场在多年的强劲增长后出现下滑。”

到了 2020 年，新冠疫情开始在全球肆虐，这一年全球材料加工市场下跌了 10%。Mayer 解释说：“2020 年初，在疫情大规模传播之前，市场发展预期轻度乐观，2019 年下半年，消费领域的支出已经开始复苏。但是疫情爆发后，国际货币基金组织（IMF）和世界银行等金融机构预计，2020 年全球经济产出将下降约 5%。但事实证明，情况并没有那么糟。”

尽管工业激光系统市场在这一年有所改善，激光系统市场在 2020 年最终以下滑 2% 收场。其中，有几个细分市场甚至实现了增长，如消费电子行业；从地域上看，中国和其他几个亚洲国家有都实现了整体市场增长。然而，世界其他大部分地区的需求在 2020 年都有所下降。

2022年全球工业激光系统市场预测

Mayer 预计，2022 年全球工业激光系统市场将实现两位数的增长。

“这一预期是基于对宏观经济环境的乐观预测，”Mayer 说，“2022 年全球 GDP 增长的预期目前约为 5%。为了跟上 GDP 增长的步伐，激光系统市场需要在 2022 年增长约 8%。目前，我们预计 2022 年激光系统市场的增长率将略高于 10%。”

Mayer 预计 2022 年至 2026 年，在稳定的宏观经济环境下，全球工业激光系统将保持在较高的一位数年均增长率。❑

在中国激光市场的新秩序中生存

文/Sally Cole Johnson

在 2022 LPMS 会议上，Bos Photonics 公司总裁兼首席技术官顾波博士介绍了中国激光市场的情况，并给出了帮助跨国公司应对市场环境变化的建议。

中国激光市场在 2021 年增长了 18.3%，市场规模达到了 129 亿美元，其中激光清洗、焊接、增材制造、微加工和医疗市场增长强劲。

中国激光产业细分

中国目前有 170 多家大型激光制造商，其中 56% 从事激光材料加工、激光器和激光系统业务。

2021 年中国工业激光细分市场主要包括切割（40%）、焊接（14%）、打标（13%）、半导体 / 显示（12%）、精密加工（9%）、非金属加工（7%）和所有其他市场（6%）。

激光技术已经成为许多制造能源行业提高质量和降低成本的关键，帮助他们提高行业竞争力，并向高科技产业转型。现在中国已经拥有完整的激光产业链和巨大的终端用户市场。

中国光纤激光器市场

自 2020 年以来，中国光纤激光器市场增长了 15%，达到 17 亿美元，以光纤激光器为主的国内工业激光器市场继续保持良好的发展势头。

中国市场中排名前四的光纤激光器公司分别是 IPG Photonics、锐科激光、创鑫激光和 nLight，它们占据了 80.6% 的市场份额。

6kW 以上功率的连续波（CW）光纤激光器的出货量显著增加，万瓦级激光器的出货量也呈现出爆炸式增长。中国制造的光纤激光器收入为 10.3 亿美元，占全球光纤激光器收入的 38.2%。

激光/光子学成资本市场“新宠儿”

2021 年的热门投资领域包括量子光子学、工业激光器、激光雷达、光学芯片、光学显示器和精密光学部件。

2021 年，中国激光 / 光子学领域共发生 26 起融资事件，其中 13 起披露融资金额超过 1 亿元人民币（1500 多万美元）。工业激光领域的投资比例更高，这反映了中国工业激光市场的繁荣发展。

强大的资本注入无疑会缩短这些中小企业的增长周期，一些企业可能会迅速成长为行业内的独角兽。

中国工业激光市场展望

中国工业和信息化部已经发布了指导意见，要求扩大汽车消费，推广使用新设备和先进医疗设备，培养基于互联网的消费。这些政策将有效促进工业激光设备、激光雷达、医用激光器、激光芯片和组件等行业的稳定、可持续发展。

一些地方政府正在关注激光产业，并努力吸引激光业务和投资，以帮助当地经济升级或拉动当地的激光下游产业。

一个有效的方法是建立激光产业园形成集群效应，并为当地的产业链提供支持。这对激光业务大有裨益，预计在“十四五”期间会有很多这样的激光产业园诞生。

中国经济发展

中国大约在 2011 年达到了“刘易斯转折点”，农村剩余劳动力完全被制造业吸收。

现在，中国正在转向所谓的工程师红利，因为中国每年会在 1000 万人中培养出 600 万名拥有理工科学位的大学毕业生，这大约是美国毕业生人数的 6 倍。

中国共有 1 亿名工程师，这使中国公司在研发成本方面比海外同行拥有巨大的竞争优势。

与 2020 年初的预期相反（当时因为疫情中国大部分经济暂时叫停），2021 年位于中国境内 77.1% 的美国公司报告了业绩增长，增长幅度与过去几年基本持平。

在动荡中前行

对于在中国市场发展的海外公司而言，建议采用“中国加一”（China plus one）的供应链模式，通过多样化增加灵活性和弹性。

“立足中国，服务中国”，是专门针对中国市场实现本地化产品设计的一种方式。根据公司相对于替代产品的竞争优势，制定多年的产品本地化战略，充分利用正在进行的亚洲区域一体化。

此外，招募更多当地人才在中国建厂，以确保进入当地市场，服务中国及邻国市场。同时，有一个专人或团队来充分了解政府监管变化和政策支持，也相当重要。

放弃中国市场并不是明智的选择，所以现在就开始通过调整供应链、产品、客户群和组织，为中国本地化奠定基础。这有助于降低风险，让企业处于更有利的竞争地位，无论美中关系如何发展。放弃或退出永远不会是一个成功的策略。❑

光子学领域的下一波创新

文/Peter Fretty

Fernweh 集团的 Nick Santhanam 在 2022 LPMS 会议上，探讨了光子学行业如何站在一个新的创新时代的前沿；在这个时代里，激光正越来越多地与光学和传感器相结合，以实现更复杂的应用。

2020 年，激光和光子学领域的持续增长带来了 1050 亿美元的市场规模，并将实现了超过 10% 的复合年增长率；无论从经营角度还是投资角度来看，这都是一个令人兴奋的市场（见图 4）。但对于制造商而言，最重要的是：是否能做到垂直整合。

Santhanam 表示，放眼当下的市场，光子学正在创造大约 1.3 万亿美元的系统市场。“在光子学和激光领域每投入 1 美元，就会有另外 9 美元使其他领域受益，我们称这些领域为激光光子学使能系统。2020 年到 2025 年间，激光器件市场的年均增长率将达 10%，光子学组件的年均增长率将达 10%，光子学系统的年均增长率将达 8%。”

激光和光子学是一个令人惊叹的行业，它们的应用非常广泛，几乎无所不在。今天，很多行业和领域的技术正在疯狂发展，但应用可能还处于早期阶段。“目前，量子技术正在向应用演进；但其实没有人真正关心是技术在发展，还是应用在发展。量子技术实际上是为了制造更好的器件。”

融合的时代

“你明天将要看到的东西，很可能与昨天看到的不一样。”Santhanam 说，“过去 20 年可以被称为器件时代，做器件的厂商就一门心思做器件，比如做激光器的厂商可以不用关心终端市场，也不需要了解市场。这种状态保持得很好，这也是为什么在过去 10 年里，激光和光子学的市场规模达到了 1050 亿美元和 13% 的复合年增长率。”

但是在下一个发展阶段情况将完

全不同，器件厂商需要了解市场应用和最终客户的应用。“你不能只考虑生产一种产品，只有满足最终客户的需求，才能成为与众不同的赢家。这就是集成光子学。”Santhanam 说，“垂直整合将越来越重要，这不是从成本的角度来看，而是从收入的角度来看。如果你能将激光器与滤波器、传感器、面向特定应用的软件结合起来，为客户提供一种交钥匙型解决方案，你就能赚钱。”

当前的一个整体大趋势是，光子学行业有很多机会来推动更多创新。“这并不令人惊讶。光子学技术的商品化将会继续。人们将奖励创新。我们将看到垂直整合。硅光子学一直在等待机会，我们将开始看到更多的小型化方案。”

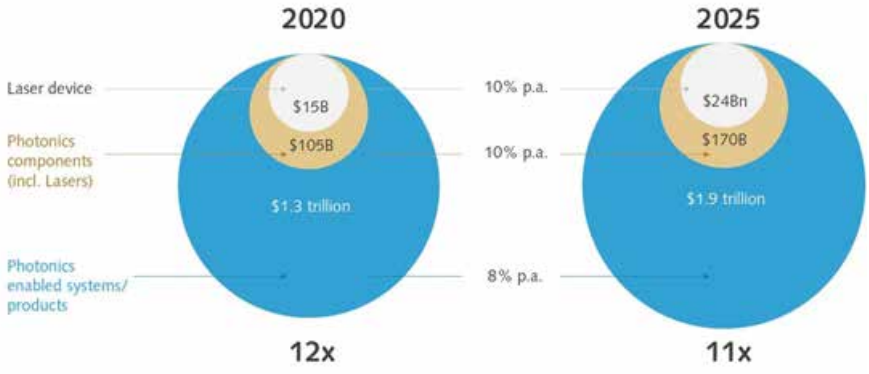
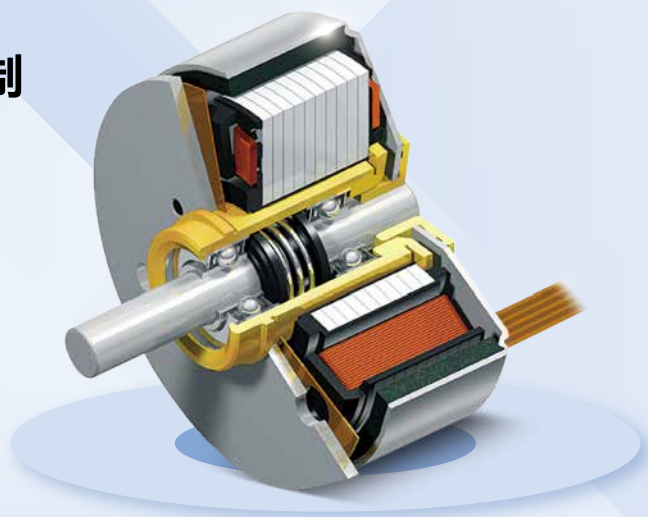


图4：2020年及2025年的激光和光子学市场。

Santhanam 预言，垂直整合即将到来。他说：“它不仅会到来，还会继续存在。赚钱的赢家将是那些着眼于创新的人，不是专注于一个层面，而是专注于垂直整合。通过垂直整合，企业可以在任何层面推动创新。器件供应商和设备集成商之间的界限将变得越来越模糊。”

“在未来十年，我们将看到在光子学领域会有更多的资金流动，更多的人才流动，以及更多的创新。未来 10 年将会使过去 10 年黯然失色，这对我们来说是好事。更光明的未来尚未到来。”❑

maxon
Precision Drive Systems
使用maxon EC flat系列盘式电机
配合ESCON伺服控制器
可实现对于多种光学应用的精准控制
应 用
光束投射系统
调焦结构
激光雷达
（光探测和测距）
扫描仪
特 性
适用于紧凑空间
有效散热
精密速度控制
极佳的同步精度
超长工作年限
特殊润滑脂无污染


中国总部
苏州钧和伺服科技有限公司
sales.cn@maxongroup.com
0512-82079287
www.maxongroup.com.cn

纳米定位

不断发展的纳米定位系统扩大应用基础

随着生物技术、激光加工、天文学和其他应用的进步，具有高吞吐量的纳米级精密运动控制和定位的发展将至关重要。

文/Justine Murphy

2021 年底，美国 NASA 部署了詹姆斯·韦伯太空望远镜，它将在帮助人类更好地了解我们的行星系统及其他方面发挥关键作用。这个红外天文台距离地球约 100 万英里远，围绕太阳运行，其目标是寻找在早期宇宙中形成的第一个星系，以及形成新行星系统的恒星。有一天，它可能会发现潜在的宜居的系外行星。

韦伯太空望远镜确实是去往前人未曾去过的地方，它是建立在哈勃太空望远镜已经取得的发现的基础之上。预计它的能力将显著超过哈勃太空望远镜。事实上，它可以观察到太空中比哈勃探测到的最微弱物体暗 100 倍的物体。这一切都可以追溯到纳米定位技术。

纳米定位的来龙去脉

纳米定位系统在纳米和亚纳米尺度下工作，以令人难以置信的精密度移动和排列载物台和样品。它们可以定位在几十纳米，甚至可能是个位数的纳米范围内，这使其成为需要极其精密测量的应用的理想选择，例如太空望远镜和显微镜。纳米定位系统的能力范围还不止于此。

美国 Mad City Labs 公司技术销售团队的成员 Shannon Ghorbani 指出，纳米定位系统由各种组件（取决于应用）组成，可用作运动控制集成方法的一部分。它们不仅仅用于纳米分辨率。

纳米定位系统组件通常包括线性电机平台、空气轴承平台、音圈驱动器和磁悬浮系统。所有这些都已成为提供可重复纳米步进分辨率的标准，并且能够克服传统电动定位器常见的摩擦、滞后时间和不稳定性等挑战。

压电平台是一些纳米定位系统的另一个组成部分，并且以其压电致动器、挠曲件和位置传感器的核心组成而闻名，可提供“最佳动态和精度”。根据 Ghorbani 的说法，在美国物理学会会议上发表的一篇文章中，与其他纳米定位系统部件相比，这种组合与闭环反馈控制相结合，可以“显著提高稳定性、分辨率和可重复性”。

他指出，压电致动器组件本质上是纳米定位器系统的驱动机制。这些致动器可以响应施加的电压而改变尺寸。它们还具有诸如开瓶器之类的特征；这是裸压电致动器的扭转运动，是一种固有特性，可以通过挠曲引导平台进行校正。

压电致动器的另一个特性称为蠕变，它发生在施加电压或撤消施加的电压瞬间。“压电致动器倾向于继续向前或向后移动，具体取决于运动方向。”Ghorbani 说，“对于用户来说，蠕变看起来像是定位器在继续移动。幸运的是，可以通过位置传感器和闭环反馈控制来减轻这种效应。”



图1：在NASA韦伯太空望远镜的开发过程中，PI公司设计的纳米定位系统具有高精密的六轴机器人六足位移台，用于对齐望远镜的18个大型镜段。

他将滞后现象（定义为物理特性的值滞后于引起它的效应变化的现象，如磁感应滞后于磁化力）称为“压电致动器固有的非线性运动”。执行器可以在每次运动时经过略微不同的路径。Ghorbani 指出，“例如当压电纳米定位器的施加电压增加时，它会以非线性方式移动，以到达其目标点。当施加的电压降低时，纳米定位器将经过略微不同的路径返回其原始点，也是非线性的。为了促进精密运动，定位器需要具有线性、可预测的运动。当这三个特性得到缓解时，压电致动器是纳米精密运动的理想致动器。”

挠曲组件（本质上是弹簧拉伸和收缩，连接到其他组件）在压电平台

中提供无摩擦引导，仅在一个方向上保持运动。Ghorbani 说：“沿每个轴的运动由单一方向的挠曲图样引导，从而实现平稳、连续的运动。”挠曲允许系统产生更平滑和高度可重复的运动，并且位置噪声低。

此类压电平台系统中的位置传感器，作为闭环控制的一部分用于维持所需位置，可以抵消致动器固有的蠕变和滞后现象。

闭环压电纳米定位器已经成为提高精度的有力候选者，它们能够提供亚纳米分辨率以及从几微米到数百微米的范围，甚至 1nm（或更好）的分辨率。此类系统的高度线性传感器非常适合显微使用，可提高精度，“以线性误差来判断，并且可以使用可追踪的位移干涉仪进行测量。”

压电纳米定位致动器可以追溯到 1970 年代，当时 PI 公司开始研发它们。据 PI 公司副总裁 Stephen Vorndran 称，它是当时“唯一能够提供纳米级精密运动的技术”，应用领域主要是光学和物理。半导体研究是另一种原创并且现已长期存在的应用。他说，事实上半导体行业“不断追求更小的特征尺寸（目前在个位数纳米范围内），仍然是超快和超精密纳米定位设备的驱动力之一。”

基于压电和其他纳米定位系统的功能池也在扩展到一些极端应用中。

扩展使用

“我们继续看到将纳米定位系统部署到更广泛的产品中，其中精密运动至关重要。”Mad City Labs 公司营销总监 Jenice Con Foo 博士说，“这方面的应用千差万别。”

Vorndran 说，韦伯太空望远镜的成功部署，很好地证明了强大的纳米定位系统的重要性。由 PI 公司开发的用于组装这台望远镜的系统，包括一个高精度的六轴（各种线性平台的运动轴范围从一到六个）机器人六足位移台，用于对齐 18 个大镜段（见图 1）。它“提供了强大的力量和超高精密度”，以在直径超过 21 英尺的铰接表面上对齐镜段。所有 18 个部件必须作为单个镜子来工作，因此它们必须有效且精确地定位。

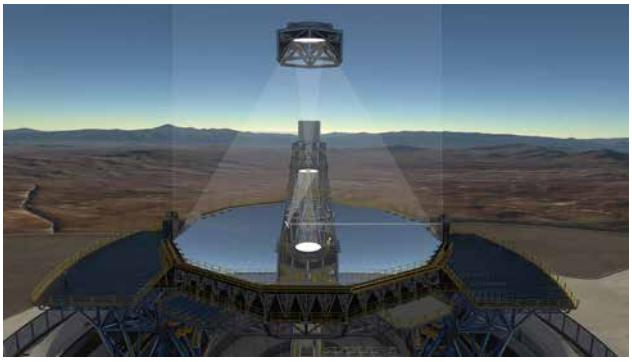


图2：欧洲南方天文台ELT望远镜中的5镜光学系统示意图，部分通过PI公司的纳米定位系统开发。

采用 PI 公司纳米定位组件的其他结构，包括欧洲南方天文台的超大望远镜（ELT；见图 2）。根据 Vorndran 的说法，超过 2000 个纳米定位混合致动器对齐这台望远镜（世界上最大的光学望远镜；见图 3）的 798 个反射镜。

激光干涉引力波天文台（LIGO）是一项大型物理实验，旨在探测宇宙引力波并将引力波观测发展为一种天文工具，是纳米定位系统的一个显著应用。它们提供光束稳定功能，以帮助获得最清晰的图像和最可靠的数据。

据 Ghorbani 和 Mad City Labs 公司产品开发主管 James MacKay 博士说，光学、激光和空基望远镜的所有其他组件，必须以“卓越的控制分辨率”移动。他们指出，“随着仪器和光源之间的距离增加（即光线变暗），对精密度和稳定性的系统要求也会增加”，因此精确、可靠的纳米定位系统至关重要。

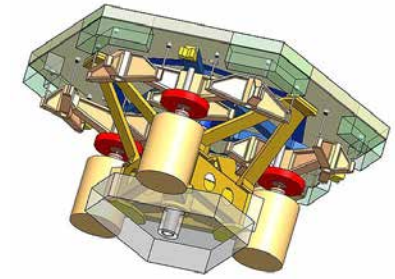


图3：用于欧洲南方天文台ELT望远镜的具有三个致动器的单镜部分。

地基望远镜也需要超精密定位，因为它们“不仅要应对行星的运动，还要应对大气干扰。因此，天文学家使用黄光激光在地球上制造人造导星，使用导星光点作为校正光学系统以应对大气误差。然而，大气中的空气并不均匀，必须调整光束以适应这些变化。”这需要精密的运动系统。

“超精密激光束转向镜的纳米定位能力，对于目前正在开发的所有基于卫星的光学网络也至关重要，”Vorndran 说。他补充说，另一个“真正重要的”应用领域是光子学组件的测试和制造。“在这里，真正的纳米定位能力的精密度和速度，有助于突破光纤光学数据传输和光学计算的极限。量子计算是另一种需要纳米定位设备的新技术。”

至于未来，他指出，“随着组件尺寸的不断缩小和对性能的更高要求，具有高吞吐量的纳米级精密运动控制，将变得比以往任何时候都更加重要。这包括所有高科技领域，从生物技术和基因组学到激光加工、光子学和半导体。”❑

量子器件

量子处理器的发展满足未来计算需求

目前的量子器件拥有几十个量子位，但未来的通用量子计算机将需要数百万到数十亿个量子位。

文/Panagiotis Vergyris

在过去的半个世纪里，计算机的力量改变了我们的生活。目前，工业实体仍然渴望获得更强大的计算能力，但是经典计算机已经到达了它们的极限。正如 PsiQuantum 公司首席执行官、英国布里斯托尔大学前教授 Jeremy O'Brien 在世界经济论坛（World Economic Forum）新兴技术活动上所说，“即使我们把整个地球变成一台巨大的超级计算机，我们也无法解决人工智能、新材料、制药和清洁能源等领域的一些计算问题。好消息是，如果我们能够基于基本的量子原理构建计算设备，我们就能解决上述计算问题。”

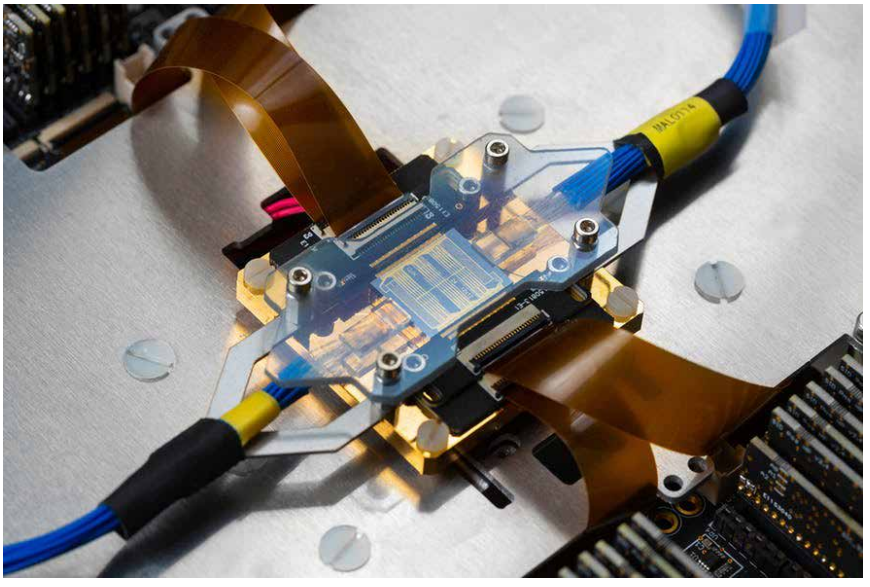


图1：12模式通用光量子处理器，光子集成电路（PIC）采用光学和电子接口，具有150多个调谐元件，可完全编程。

毋庸置疑，量子计算机是未来发展的必然。在过去的十年中，数十家公司和初创公司开始投入数亿美元，竞相打造世界上最好的量子计算机。这些计算机将提供强大的计算能力，以解决传统计算方法不可能解决的问题（即量子优势）。最大的挑战是将可用量子位的数量扩展到一个我们可以拥有实用量子计算机的水平。

许多量子物体可以结合叠加、纠缠和干涉的概念来执行量子计算，包括基于超导量子位、钻石空位、离子和光子的量子计算，这些都是最有前途的。目前业界正在探索利用量子物理学的力量，打破科学和工业之间的壁垒。光子量子位占据主导地位，因为半导体技术可以用来扩大量子位的数量。混合或单片方法可能适用于在单个设备内构建大规模可扩展的线性光学电路，用于路由、处理和分析。除了核心技术之外，任何真正的量子设备都需要制冷系统、超低噪声电子设备、光开关和互连等使能技术。

以这种方法为中心，PsiQuantum 公司成立于 2016 年，目标是建造世界上第一台大规模、容错、纠错的硅光子量子计算机。四个基本的扩展挑战是可制造性、控制电子、量子位连接性和制冷能力。几年前，PsiQuantum 公司与专业芯片生产公司 GlobalFoundries 合作，以应对制造挑战，并创建了一个完整的量子光子制造流程，以生成、操纵和检测硅光子集成电路（PIC）中的光量子状态。下一步是将高探测效率的氮化铌（NbN）薄膜超导单光子探测器技术，集成到 CMOS 制造中。一项 4.5 亿美元的投资使得 PsiQuantum 公司能够利用半导体行业的供应链、组装、制

造和封装技术，来建造第一台实用的量子计算机。

欧洲的量子创新

在欧洲，成立于 2019 年的荷兰 QuiX Quantum 公司正在开发一种基于氮化硅（SiN）PIC 的专用光量子计算机，用于机器学习和量子模拟应用（见图 1）。他们已经向学术界和初创企业出售了五款光量子处理器，并且正在与主要大学合作。该器件是光量子计算机的核心，这要归功于 PIC 模块开发商荷兰 LioniX International 公司的垂直集成产品。该处理器具有 12 个光通道、低光损耗（2.5dB）和高转换保真度（98%）。荷兰 PHIX Photonics Assembly 公司是一家封装代工厂，它将芯片封装并集成到一个即插即用的控制盒中，该控制盒可设计为在 450~2300nm 的波长范围内工作。

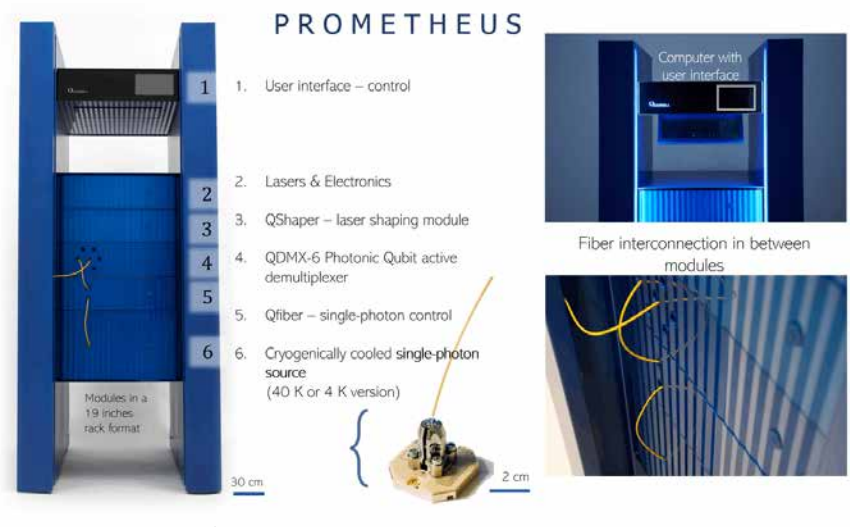


图2：Quandela公司独立的单光子源。

关于该器件的下一步发展，是分别在 LioniX 和 PHIX 的支持下，在晶圆级电气和光学封装的电气互连中扩大其规模。QuiX 公司首席技术官 Jelmer Renema 在 2021 年 12 月 1 日举行的 EPIC 在线技术会议上谈到，

光学引领未来™

TECHSPEC® λ/40 激光级非球面透镜



• ¼₀ 非球面面形误差 (RMS)
• 斯特列尔比 >0.8
• 反射率 <0.25% 的激光线V型镀膜

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) 8435 5459 Email: chinasales@edmundoptics.cn

关注公众号

Edmund optics | china
欲了解更多信息，请点击此处
www.edmundoptics.cn/052-8612

20 量子模式（20-mode）量子处理器将在接下来的几个月内问世，量子界正在等待这一消息的真实性。

SiN 平台因其低传输损耗而在量子应用中获得了良好的性能。由于没有双光子吸收（TPA），因此可以实现高功率操作，并且可以通过自发四波混频（SFWM）实现光子对的产生。此外，谐振器的窄带宽和可能的可调谐性为产生的光子提供了高度的不可分辨性，这是光量子计算的先决条件。

LioniX 公司的 TriPleX 技术在 SiN 波导中具有最低的传输损耗（0.1dB/cm~0.1dB/m）。它能在 405~2350nm 的宽波长范围内工作，具有很高的定制灵活性。LioniX 还开发了一种获得专利的锥形方法，其能将低对比度模式转换为高对比度模式，从而实现小弯曲半径。这一特性使量子处理器所需的高性能有源光源和探测器，能够实现极低损耗的混合集成。[1]

为了实现 QuiX Quantum 处理器中至关重要的即插即用功能，LioniX 将垂直集成的方法应用于模块开发。该产品建立在专用波导技术的基础上，该技术正在与驱动器电子产品、接口和外壳一起开发，以实现近乎开箱即用的性能。

瑞士 Ligentec 公司提供基于 SiN 技术的晶圆代工服务，能实现定制 PIC，并允许公司和研究机构以出色的过程控制，实现其设计的原型制造和批量生产。其工艺确保了卓越的模式限制、很小的弯曲半径、较小的器件尺寸和超低的损耗（低于 0.1dB/cm）。

实现高性能光学技术对于光量子处理器非常重要。这包括高性能光开关、高性能芯片到光纤互连和低损耗光学元件。值得注意的是，在低温下操作更大、更复杂的系统会导致较高的光子、电子和热控制水平。使能技术包括创新的混合封装、一体封装（co-packaging）以及将光子和电子集成在一起的键合技术。

目前市场上已经能提供支持这种混合方法的封装设备（PHIX、LioniX 均能提供）。此外，法国 Teem Photonics 公司的 WAFT 系列产品（波导阵列到光纤转发器）实现了高性能集成光子封装，并且已经在电信和经典光子计算中得到了广泛应用。这种方法是耦合量子光进出量子 PIC 的一个很好的解决方案。

PIXAPP 是世界上第一条开放式 PIC 组装和封装试点生产线，它提供了一系列标准化的光子封装技术，这些技术可以大规模推广，并在光学、电气和机械封装技术方面接受培训。PIXAPP 以构建模块的形式提供了一系列封装工艺，允许在整个供应链中使用标准化制造工艺，在主要的光子平台（InP、SOI、SIN）中生产 PIC，并为电光 I/O 端口和封装组装步骤提供标准设计。

一般来说，光量子处理器用量子光为自己提供能量，这使得单光子源至关重要。法国 Quandela 公司、丹麦 Sparrow Quantum 公司和英国 AegiQ 公司令欧洲在全球处于领先地位，能够满足未来对提供高纯度、高不可分辨性和高亮度光子的要求，用于与此类光量子计算器件相连接。他们的技术基于半导体量子点（人造原子），这是一种高效的量子光源。

AegiQ 公司正在开发一整套单光子技术，包括工作在从近红外（NIR）到标准电信 C 波段的各种波长下的光子源。他们的方法将实现大规模网络和计算，并能支持多种体系结构，如基于多模干涉仪或多维集群状态产生的光量子处理器。

Quandela 公司自 2017 年开始活跃，基于其高效量子光发射器和光电子模块开发全堆栈光学量子计算解决方案，用于优化器件控制和单光子操作。这些机架尺寸模块的一个例子是有源解复用器（可用于 6 个和 12 个光子），它是将量子光源连接到光量子处理器所必需的器件。

Quandela 公司已经向全球多家客户（位于欧盟、澳大利亚和俄罗斯）

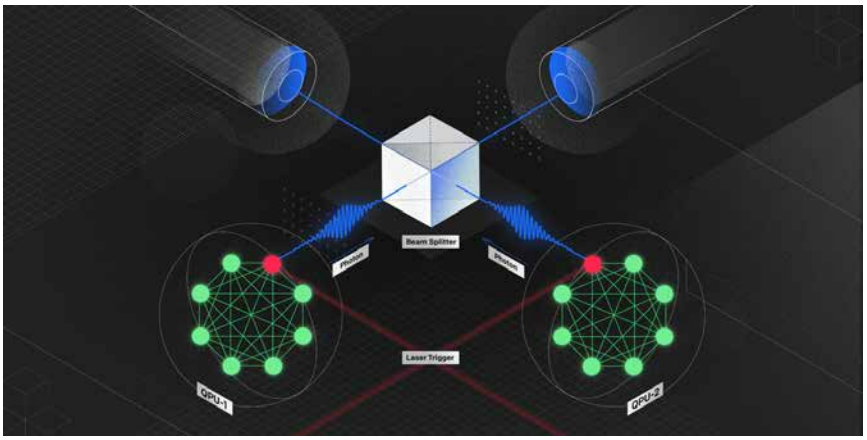


图3：IonQ公司的体系结构将使用光子互连，将单独的量子处理单元（QPU）连接到一台更大的量子计算机上。每个QPU被触发以发射一个与源量子位纠缠的光子。来自两个QPU的光子受到干扰，如果两个探测器都发射，两个量子位就会纠缠在一起。如果没有，则重复该过程。IonQ基于离子的量子位提供的长存储时间在这个过程中保持了量子态。可切换光子互连将允许IonQ量子计算机中所有QPU之间的全模块连接。

销售单光子源和光电模块，并且还在今年年初发布了第一个独立的单光子源 Prometheus（见图 2）。目前，该公司正在基于其半导体量子光发射器构建光学量子计算平台，并提供软件堆栈和模块化架构，以实现高效的扩展；他们最近还在与 QuiX Quantum 公司合作，推出了一个可重新配置的量子计算平台，助力法国国家量子技术项目。

另一项使能技术来自西班牙 iPronics 公司。他们的量子现场可编程光子门阵列（FPPGA），可以将量子源和探测器整合在一起，作为围绕可编程硅光子波导网的高性能块，实现线性变换。

英国 ORCA Computing 公司的目标是将量子存储技术集成到光量子计算系统中，为处理量子位提供不同的风格。ORCA 的理念是部件集成和用光纤分离的模块化组件。这种方法将允许尝试利用现有电信供应链中的产品。

该公司的目标是面对单光子产生的关键问题之一：真空状态。这些只是稳定的单光子阵列中的空洞，这使得产生非常大的纠缠光子晶格非常具有挑战性。他们的方法是引入一种量子存储器，这种存储器能够根据需要存储和释放单个光子，并且不会产生额外的噪声。然后，通过时间复用可以提供更稳定、更确定的资源。

这种确定性量子光源是扩展光量子计算系统的一个基本挑战。实时操纵单个光子，并将时间用作实现量子计算的资源并不容易。为了实现这些资源的同步，高速电子设备、极低损耗的高速调制器和快速光开关非常重要。

绝缘材料上的铌酸锂（$LiNbO_3$）平台（LNOI），具有很高的固有电光和非线性特性，该平台能提供所需的功能，是为量子技术、电信、激光雷达传感和计量等应用，提供尖端、超高速电光和非线性组件的合适平台。

瑞士 CSEM 公司计划在 LNOI 上建立第一个开放式代工，并提供完整的系统开发能力，以帮助解决这些挑战。LNOI 是量子集成光子学的另一个有前途的平台，因为有可能产生纠缠光子对。

其他量子创新

成立于 2015 年的美国 IonQ 公司，正在采用一种全堆栈方法，通过云访问构建量子系统。这里的量子位是原子离子，提供自然的不可分辨性和几秒钟内的量子位寿命。此外，电磁阱将离子悬浮在器件表面上方，使离子与热环境分离，使其在环境温度下运行成为可能。

高效的量子计算需要无相互作用的量子位来维持较长的存储时间，需要高相互作用的量子位来实现快速门；离子可以弥合这种分歧。使用激光，长寿命的原子状态可以转变为高度相互作用的运动状态，反之亦然，从而实现链中所有离子的完全连接。利用集成光子学，用于离子阱（trapped-ion）量子计算机的光学量子控制系统，具有更紧凑、更稳定和可扩展的巨大潜力。就像数据中心内服务器的经典链接一样，独立量子处理单元（QPU）中的离子链可以通过光子互连进行纠缠，以创建分布式量子系统（见图 3）。这创造了完整的模块化连接，并将所有 QPU 合并到一个单一的、牢固的系统中，该系统可以支持未来通用量子计算所需要的许多量子位。

氮空位（NV）量子计算机像离子阱量子计算机一样，但量子位不是被限制在电磁场中，而是被嵌入一个材料间隙中，比如嵌入金刚石或碳化硅中的氮。成立于 2019 年的澳大利亚 Quantum Brilliance 公司，致力于通过运行全堆栈方法来制造室温下的金刚石量子计算机。他们的目标是提供单个 QPU，这些 QPU 可以在现有的经典计算机中实施，用于执行特定任务。这种量子加速器的核心是金刚石上的氮空位中心（NV centers）。通过将这些氮空位中心阵列确定地放置到金刚石晶体中，可以获得更多量子位。最终的产品是一个盒子，具有所有接口，可以用作计算机中的一个元件。

小结

还有许多其他不同规模和不同成熟度的公司，正在利用各种技术来实现量子优势。光量子位和集成光子学是量子产业希望利用的最有前途的技术，它们有望将量子器件从当前的几十个量子位扩展到数千个量子位。

得益于过去 10 年中电信和数据通信行业的快速发展，集成光子学作为一种实现紧凑且可扩展的光子组件的技术，在设计工具和制造能力方面都在变得越来越成熟，并且正在被广泛应用于许多应用中。单个集成光子芯片现在可以包含数千个分立的光子器件。此外，混合 PIC 和兼容技术的可能性，将允许在单个器件中生成、操纵和检测单个光子，这一点非常有意义。❑

参考文献

1. J. M. Arrazola et al., arXiv (Mar. 3, 2021); https://arxiv.org/pdf/2103.02109.pdf.

超透镜

超透镜正在引发光学行业的一场变革

超透镜技术的发展显示了其在光学、成像和显示系统方面的应用前景。现在能在计算机芯片工厂内制造超透镜，将有助于加快超透镜的采用和成本降低。

文/Antonio Raspa

从对经典的反射和折射光学定律的修订开始，哈佛大学的 Federico Capasso 就设想了超表面和超透镜，以及如何利用这些器件创建纳米级的平面透镜，从而有可能彻底改变很多光学应用。

现在，第一款超透镜的应用已经成为现实，整个大批量生产的价值链也即将实现。这种平面透镜技术正在彻底改变用于传感和成像的光学器件。当然，在超透镜技术发挥其潜力之前，还有一些挑战需要克服。

超透镜技术的发展

与传统电子器件相比，光子器件在小型化和数据传输速度方面具有一些优势。但是直到最近，透镜的尺寸一直受到玻璃或塑料的材料属性（折射率和色散）的限制。因此，目前的光学技术仍然主要基于一种相对老式的工具，即玻璃透镜，研究人员除了在成型和磨削方面努力以获得更高的精度外，尚无法在其他方面对其进行改进。直到最近，人们还没办法大幅缩小用于相机、显微镜、望远镜和其他光学设备中的镜头的尺寸。

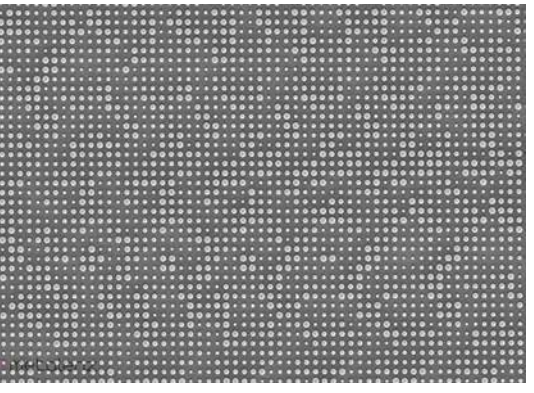


图1：Metalenz公司的超透镜芯片的电子显微镜图像（自上而下扫描）。

2016 年，哈佛大学约翰 •A• 保尔森工程与应用科学学院（SEAS）的研究人员，展示了第一款能在可见光范围内高效工作的超透镜，覆盖了从红光到蓝光的整个彩色波段。由 Capasso 领导的 SEAS 团队将波导管称为“纳米鳍”（nanofins），他们设计的超透镜可以将光聚焦到一个直径约400nm的点上。与传统的透镜相比，SEAS 团队使用了一种单薄、扁平的结构，多个波导（像细柱）以特定图案排列。

他们的超透镜是第一款聚焦整个可见光波段的透镜，其光学性能优于目前任何商用透镜。具体来说，因为超透镜是超薄的平面，所以它们不会产生像差。它们也是消色差的，因为所有波长的光几乎同时通过。

与玻璃或其他具有固定色散的传统材料相比，超透镜具有可调谐色散的额外优势（即操纵光的颜色如何分散的能力）。但最重要的是，超透镜可以在现有的 CMOS 半导体晶圆厂中大规模生产，从而实现光学系统的大规模晶圆级集成。

在过去的六年里，业界对超透镜的研究一直没有放缓。Tunoptix 是一家由华盛顿大学联合创办的光学初创公司，该公司旨为华盛顿纳米制造设施的卫星成像开发超透镜。

类似地，为了实现微型化，韩国集成纳米结构物理中心的科学家与伯明翰大学的研究人员合作，开发了具有可调功能的只有信用卡那么厚的平面透镜。这些由石墨烯和一个被穿孔的金表面制成的光学器件，可以作为面向先进应用的光学元件，这些应用包括振幅可调透镜、动态全息等。[1]

其他研究人员专注于超透镜设计原理和不同类型的新型超透镜（包括无标签亚分辨率、非线性、人工智能辅助、多功能和可重构等），以及如何消除聚焦像差，这是实现超透镜物镜和显微镜的必要条件。[2]

研究人员找到了一种能减小相机尺寸的解决方案：将超透镜和“空间板”（spaceplates）结合起来。空间板

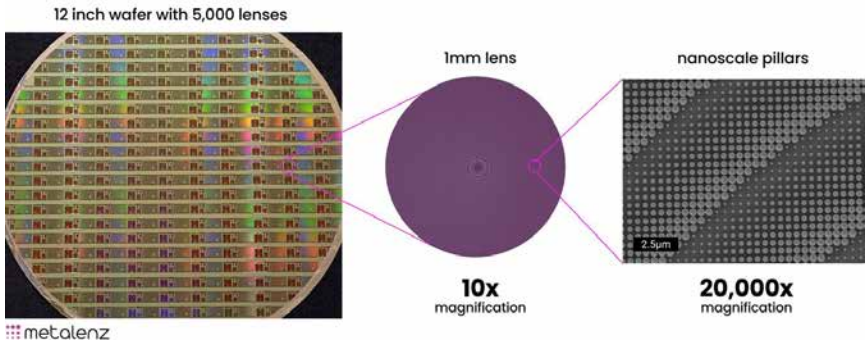


图2：300mm晶圆（左）、1mm超透镜（中）和表面上的纳米柱的放大图（右）。（图片来源：Metalenz）

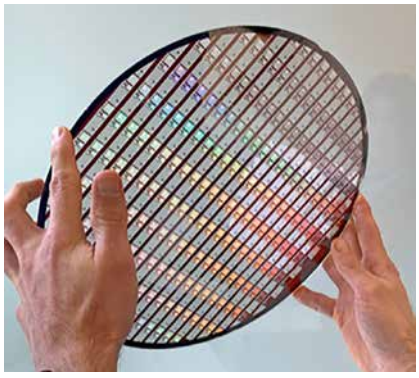


图3：300mm晶圆，在单个晶圆上最多可以有5000个超透镜。

是一种光学器件，可以有效地将光传播到比其厚度长得多的距离。这种光学器件将缩小未来的成像系统，为超薄、无镜头相机和更大的传感器提供可能性。

当前的超透镜应用

Metalenz 是一家总部位于波士顿的无晶圆厂半导体光学公司，该公司是 2016 年从哈佛大学 Capasso 实验室剥离出来的。Metalenz 是将超透镜商业化的先驱，如图 1、图 2 和图 3 所示，该公司的第一代产品、点模式投影仪和用于 3D 传感的成像器件，大大简化了现有模块的占地面积和复杂性。作为一种完全平面的光学元件，Metalenz 技术为光学器件在半导体晶圆制造厂内制造铺平了道路。

2022 年 1 月，Metalenz 公司和 TRUMPF Photonical Components（一家垂直腔表面发射激光器（VCSEL）供应商和光电二极管解决方案供应商，主要服务于消费电子、数据通信、

bwt凯普林
INSPIRE THE WORLD
全球激光解决方案领跑者
GLOBAL LEADER IN LASER SOLUTIONS

半导体激光器事业部
北京市丰台区航丰路甲4号
010-8368 1052/1053
sales@bwt-bj.com

光纤激光器事业部
天津市空港经济区东九道69号
022-59002520
laser@bwt-bj.com

超快激光器事业部
天津市东丽区东九道69号
022-59002529-801/807
sales-laser@bwt-bj.com

官方网站二维码 官方微信二维码
微信视频号二维码 抖音号

半导体激光器
405nm ~ 1940nm
2mw~ 4kw

光纤激光器
500W ~ 50000W

超快激光器
皮秒激光器、
飞秒激光器

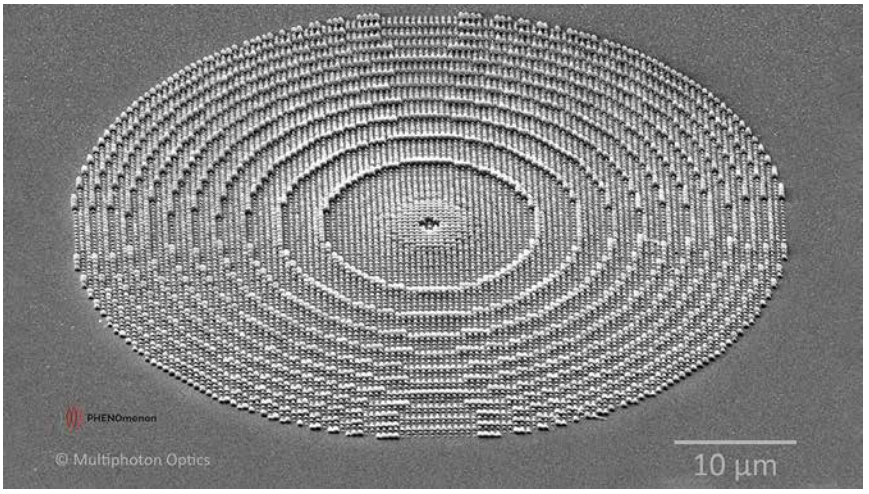


图4：Multiphoton Optics 公司利用双光子聚合制造的聚合物超透镜。单个超原子的直径在100~450nm之间，高度在300~1000nm之间。在630nm下工作时，超透镜的焦距为100µm。

汽车、工业传感和供暖市场）提供了用于智能手机应用照明的现场演示。他们的目的是要证明，创建泛光照明和结构光照明功能只需要两个智能元器件：一个是 TRUMPF 的 VCSEL，具有稳定和先进的线性偏振；另一个是 Metalenz 的超透镜，位于 VCSEL 的顶部。

该演示成功地证实，未来，支持智能手机摄像头明亮的 3D 场景照明，只需要一半甚至更少的光学元件。这些优势，再加上元件之间空间的缩小，意味着智能手机制造商可以获得新的技术竞争优势。正如 TRUMPF Photonic Components 公司 CEO Berthold Schmidt 指出的那样，随着偏振 VCSEL 的发展，它们将能满足智能手机、OLED 屏以及虚拟现实和增强现实（VR 和 AR）应用对 3D 照明的严苛需求。他们的下一代高级偏振 VCSEL 计划于 2023 年上市。

晶圆级衍射光学供应商 II-VI 公司，基于专有平台开发了组合 VCSEL 和高效多功能超透镜系统，为消费电子、汽车、生命科学和工业等广泛的应用市场，提供了超小型光学传感器。在一项应用中，II-VI 的新型超透镜将 VCSEL 发出的光进行准直和分光，投射到一个高度均匀的网格上，该网格由数千束个投影到场景上的红外光束组成。光学传感器参考这些网格来精确地构建 3D 场景；超透镜和 VCSEL 系统的结合，为消费电子产品和汽车应用提供了差异化的超小型 3D 传感摄像头。

NIL Technology（NILT）是另一家开创性的超透镜公司，这是一家位于丹麦的光学解决方案公司，近 20 年来，该公司一直使用先进且复杂的纳米结构开发复制和纳米打印解决方案。与折射透镜相比，NILT 现在能够结合元光学和衍射光学来构建更薄、更平、更轻的解决方案。因此，光学应用的尺寸和复杂性可以大大降低。通过结合各种技术，可以提高光学应用的成像质量和功能。

NILT 的超光学元件（MOE）具有创纪录的 94% 的绝对效率。如今，他们正在与主要原始设备制造商合作，开发用于 3D 传感、消费电子和 AR/VR/ 混合现实（MR）领域的众多元光学解决方案。

Heidelberg Instruments/ Multiphoton Optics 公司基于 Multiphoton Optics 公司的 MPO 100 激光直写系统，利用双光子聚合（TPP）技术，为超透镜制造开发了一种开创性方法。该系统可在单个工艺步骤中，添加生成直径小于 100nm 的超原子（meta-atoms）。由于其非线性吸收，TPP 提供了低于衍射极限的特征尺寸，并允许改变超原子的直径和高度，从而为基于聚合物的超透镜提供额外的设计自由度。图 4 显示了利用 TPP 技术制造的超透镜，在 630nm 工作波长下的焦距为 100µm。

未来的挑战

成本是超透镜制造的一个主要挑战，因为在厘米级芯片上精确对准纳米级元件的难度极高，需要高昂的费用。此外，超透镜制造还面临着技术挑战，因为它不能像传统透镜那样高效地传输光线，对于全彩色成像等应用而言，这是一个重要缺陷。而且，超透镜太小，所以无法捕捉大量光线，这意味着至少到目前为止，它们不适合产生高质量的照片。

比利时 PlanOpSim 公司是一家为超透镜开发数值建模软件的初创公司。该公司创始人 Lieven Penninck 表示，要想让超透镜取得全面成果，需要一个新的供应链和生态系统，将制造商、材料供应商、设计公司和集成商聚集在一起，以便更清楚地了解如何将超透镜的潜力转化为最终客户的真实受益。为此，PlanOpSim 公司开发了一个集成软件系统，其涵盖了超表面的设计过程——从纳米级尺度的超原子到包含数百万个超原子的器件，并连接到广泛使用的射线追踪工具进行系统优化。

下转第33页

MRSI 积极为车规激光雷达提供高可靠量产解决方案

车辆安全一直对汽车行业非常重要，先进传感器实现的态势感知在构建安全的自动驾驶车辆中起着关键作用。ADAS 应用中对车规激光雷达的需求正以两位数的年复合增长率增长，车规激光雷达的量产正在迅速崛起。在新技术和规模经济的推动下，汽车激光雷达正变得更轻、更薄、更便宜。与其他光电器件相比，车规激光雷达要通过更严格的可靠性验证，其中光电芯片封装技术的可靠性非常重要。如何在大规模生产中高可靠、零缺陷的实现光电子芯片封装是车规激光雷达行业面临的最大挑战之一。在车规激光雷达行业，激光雷达的制造商首先需要通过 IATF 16949 管理系统认证，这对于大多数光电器件生产企业都是一个巨大的挑战。同时车规激光雷达产品还需要通过严苛的车规级 AEC-Q 系列的可靠性验证，严苛的运行温度测试对光电器件是非常大的挑战。通常行业认为车规激光雷达要通过车规级可靠性验证，最大的障碍就是其光电子芯片及其封装要能通过高温测试。

MRSI Systems, Mycronic Group 是一家全球领先的全自动贴片机供应商，为光电子和微电子行业提供高精度、高灵活性、高可靠性和高速全自动芯片封装解决方案。MRSI 服务于大功率激光器和光通讯器件行业三十多年，对光电子器件的各种封装工艺都具有丰富的经验和独特的技术，以实现高可靠的光电子芯片封装。随着激光雷达的量产，MRSI 已开始服务于国内外的大部分主流激光雷达 ODM 和 OEM 供应商，对各种类型激光雷达原理和光电芯片封装技术均有较为深入了解。为了提供车载激光雷达高可靠的光电子芯片封装的解决方案，MRSI 在全球的产品演示中心正积极与光电子芯片的领先供应商，以及车规激光雷达生产商进行广泛的合作，共同开发可靠的光电子芯片封装工艺和量产解决方案，通过为行业客户开发合理可靠的生产工艺，缩短客户新产品的上市时间。同时，MRSI 也积极组织和参与激光雷达供应链头部企业的战略合作，通过与行业上下游产业链的积极沟通与协作，以支持快速增长的新兴行业健康发展。❑

Bringing tomorrow's electronics to life

行业领先的贴片机



MRSI
MYCRONIC

MRSI Automation(Shenzhen) Co., Ltd
迈锐斯自动化(深圳)有限公司

www.mrsisystems.com

飞秒加工

飞秒激光表面微结构加工满足严苛的散热需求

飞秒激光加工能在材料表面创建微纳米结构，显著增加表面积和热辐射率，从而使冷却速度提高100%或更多。

文/Victor A. Rivas，ThermOptical Cooling

随着消费电子、工业电子及空间电子产品的更新速度越来越快，体积变得越来越小，微处理器、电池和面板等内部组件的过热问题，已经成为多个行业共同关注的焦点。过热会导致设备性能下降、运行失败、寿命缩短等问题。同时，过热也可能引发直接危险，如引起火灾和爆炸等。

改善热管理对于持续提高电子产品的性能非常有必要，飞秒激光由于其独特的加工特性，可以用来提高热管理。在飞秒激光出现之前，传统的激光加工使用的是连续光或是脉宽为微秒或纳秒量级的脉冲光。与材料相互作用时，脉冲激光似乎很快，但与材料热吸收速度的时间尺度相比，微秒或纳秒脉冲还是太长了，因此可能会引起严重的热损伤，如开裂或融化。相比之下，飞秒激光脉冲比材料热吸收速度的时间尺度要短得多，因此飞秒激光可以作为一种“冷加工”光源，加工过程中产生的热效应可以忽略不计。尽管飞秒激光是一种适用于高精密加工的理想光源，但是基于飞秒激光用于提升热管理的加工系统一直都未问世。

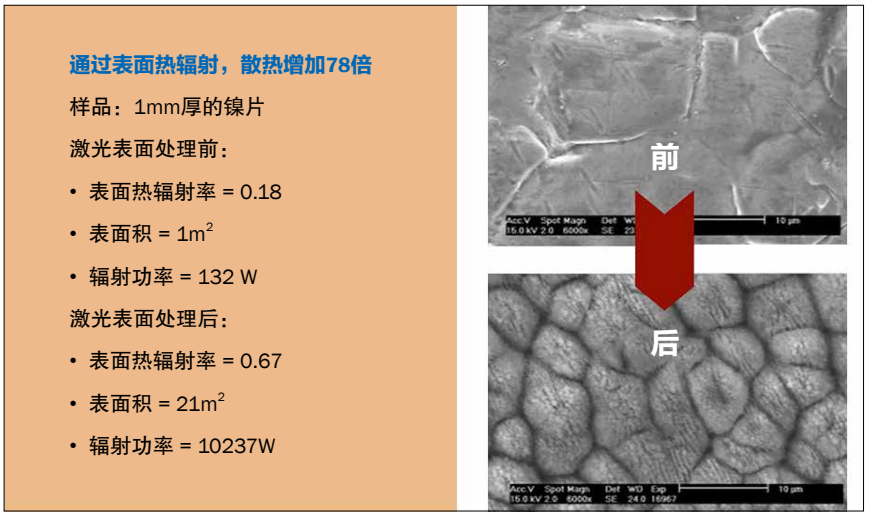


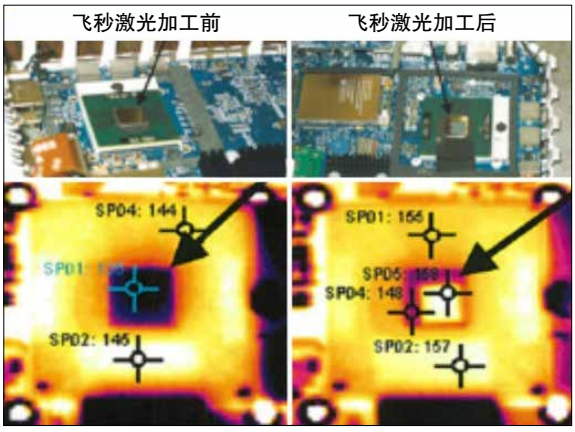
图1：激光表面功能化本质上是在表面区域暴露更多的原子；表面区域纳米级粒子的增加会影响表面热辐射率等光学特性。

飞秒激光提升热管理技术可能在半导体、电池和空间应用等行业产生重大影响，但目前这项技术并未被这些行业所采用。造成目前局面的原因有很多，包括缺乏技术知识、系统复杂等。但有迹象表明，这种局面可能很快就会改变。

热管理解决方案市场正在快速增长，每年的市场总额将近 110 亿美元，到2025年将达到171亿美元的水平。[1] 这可能是受到不断增长的电子封装市场的驱动。电子封装不能影响产品性能，因此就要提高产品的热管理。

作为欧盟“Horizon 2020”计划的一部分，LAMpAS 项目正在与通快公司合作，开发可以商用的高功率激光表面处理技术。[2] 随着激光技术的发展，目前飞秒激光的功率已经提高到了 1kW 以上。因此，将高功率激光器、高速扫描系统和交钥匙型操作（turnkey opearation）组合起来，可以对大型基材进行快速精确的加工，实现众多潜在应用，例如：

- 在各种电子设备的散热器、散热片和热交换器中，实现更好的散热和更高的热辐射率；



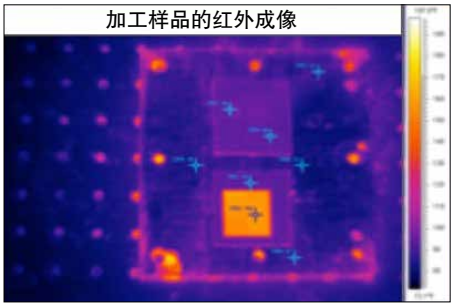


图2：在一个微处理器上，每幅图像中较亮的、经过飞秒激光加工的区域更热，因为红外光子的辐射速度比非加工的区域更快，能迅速地将热量从微处理器中散出。

- 改善医疗植入物的生物相容性；
- 提升太阳能电池和面板的转换效率；
- 提高超级电容器电极的存储能力；
- 增强生物传感器的性能；
- 使卫星“隐形”。（卫星表面经过加工，在激光制导武器系统上没有激光信号返回）

一家名为 ThermOptical Cooling 的初创公司，通过开发激光表面纳米加工技术（已获专利），进入了用飞秒激光提升热管理的领域。该公司利用超快激光系统在金属和非金属表面加工微纳米结构，增加表面积，提高表面热辐射率，使表面冷却速率提高了 100% 甚至更多。这项技术显著提升了辐射传热效率，改善了热管理系统中的热传导和对流冷却，在提高微处理器、锂离子电池和太阳能电池板等产品的散热方面，效果非常显著。

激光表面功能化增加了表面积和热辐射率，是对用风扇或液体等传统的热传导和热对流散热方法的一种补充、消除或增强。与传统的风冷、液体冷却、纳米管、纳米线和纳米层板等冷却方式不同，表面功能化工艺只适用于金属、金属合金、塑料和复合

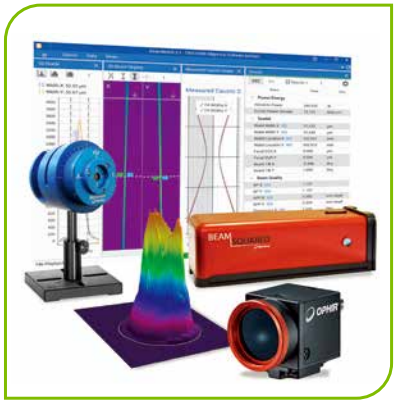
医学、航空航天的研发、增材制造
材料加工、光通讯、科学研究



我们的产品可用于任何激光、任何位置。

了解您的激光:
功率, 能量, 光束能量分布 & 散焦

- 最宽的激光测量范围
- fW 到 120kw – 极紫外到超远红外
- 动态 & 实时测量
- OEM 定制化方案
- 超过45年的行业经验
- 全球影响力和全球的客户支持
- 以客户需求为发展导向
- 全球校准服务





有关更多信息，请访问 www.ophiropt.com/photonics 或致电 +86-010-62634840

mks | Ophir®

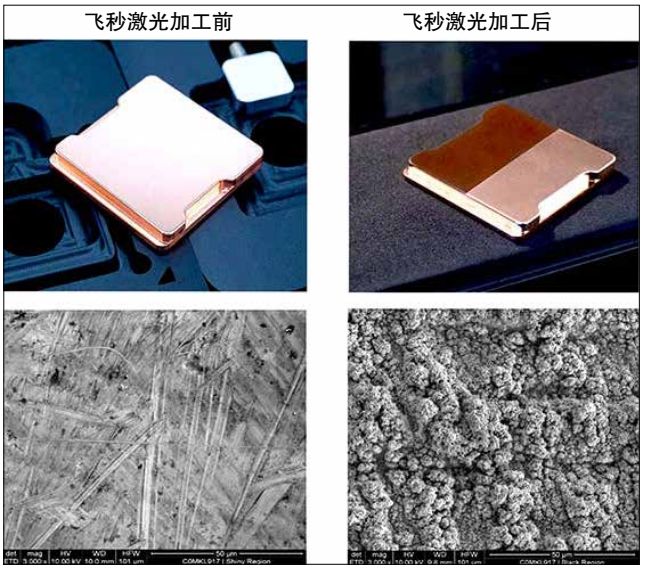


图3：一个集成的铜散热器，一半区域被激光加工后颜色变暗，另一半为激光未加工区域。

材料等材料。激光加工对环境友好，在 SWAP（强度、重量、功率）方面没有负面影响；并且不涉及化学过程，因此不需要耗时的后处理步骤，从而实现了一步加工成型。飞秒激光表面加工过程中还会附带产生纳米粒子，这些纳米粒子在生物医学、光学和电子等领域也有广泛应用。

激光表面功能化，本质上是在表面区域暴露更多的原子。表面积越大，辐射传热就越快。表面区域纳米级粒子的增加也会影响光学特性，如热辐射率（见图 1）。根据 Stefan-Boltzmann 方程，表面积和发射率的增加使辐射传热显著增强。由于飞秒激光脉冲持续时间极短，因此峰值功率非常高，在热量扩散之前就已经将材料迅速电离和汽化。

当业界开始关注飞秒激光用于表面散热的应用时，业内人士早在十年前就知道，在自然对流和低气流环境中，激光表面处理可以使辐射传热与对流传热一样重要。如图 2，在一个微处理器上，每幅图像中较亮的、经过飞秒激光加工的区域更热，因为红外光子的辐射速率比非加工的区域更快，因此可以迅速地将热量从微处理器中移走。

以上结果表明，近场辐射传热效率超过了远场辐射传热。当辐射波长低于发射体和接收体之间的间隙时，就会发生这种情况。随着表面积增加，表面发射率增强，远场热传递效果也会非常显著。

当纳米结构应用于近场时，辐射传热效果可能会增强更多。当发射体和接收体之间的间隙在近场范围内时，表面辐射传热至少增强 25 倍。当发射体 / 接收体在近场范围，同时将两者间隙区域加工成纳米结构，表面积增加，表面发射率增强，表面辐射传热会进一步增强。由此可知，一方面通过在表面加工更多纳米结构，另一方面调节发射体 / 接收体之间的间隙，可以大大提高表面散热效果。这种双重技术的发展，使得热获取、热传输和热排斥方面的热管理解决方案，在地面和空间科学中得以广泛使用，其应用包括微处理器中的集成散热器和卫星中的散热片等。

图 3 为一个集成的铜散热器，一半区域被激光加工后颜色变暗，另一半为激光未加工区域。颜色变暗的区域是用 Spirit HE 1040-SHG 激光器加工的，通过扫描电镜图可以发现，加工区域比未加工区域的表面积增加了 100%。

与处理前相对平坦的表面相比，激光处理后的表面产生了自组织的丘状结构。由于铜的高导热性，通过在铜表面诱导类似的纳米结构，可以不断改善铜的传热特性，促进更多的散热应用。例如，对于集成散热片这样的组件，可以将散热片薄膜转换为“剥落”纳米散热片，甚至可以在先进的封装生产线中完全去除热界面材料。一般来说，与被组装的组件的热导率相比，接口的热导率往往非常低，这为微处理器的整体散热性能提升带来了机会。

飞秒激光表面功能化提高散热效率的工艺经过了长期验证，现在已经被打包成一个飞秒激光加工装置——ThermOptical Cooling 工作系统。该系统既可用于创建新的散热器件原型和产品，也可以用于对市场上的散热产品的性能进行提升。

随着技术的全方位进步，飞秒激光如今已经能够实现热管理器件的高吞吐量、大批量生产，这些散热器件能够适用于严苛的热管理系统中。

所有这些发展现在使飞秒脉冲激光器与用于苛刻的热管理系统的热管理组件的大批量制造相结合，实现高通量制造。

计算机、智能手机、物联网设备和工业设备的处理器、电池和面板数量的指数级增长，电子元器件的尺寸越来越小，这些都为飞秒激光表面功能化加工提供了契机，以满足热管理解决方案日益增长的需求。在过去的 20 年里，飞秒激光加工技术取得了显著的进步。在不久的将来，飞秒激光表面功能化技术，将会在满足工业应用及消费市场需求方面发挥重要作用。❑

飞秒加工

飞秒激光源为工业加工应用带来新机会

飞秒激光源凭借其所能提供的功率和控制能力，正在为汽车、电子和制药等行业带来了新的激光加工机会。

文/Louise May

飞秒激光源凭借其所能提供的功率和控制能力，已经在变革材料加工应用。为了充分利用可用功率，并将其转化为高吞吐量的加工能力，飞秒激光器必须与振镜和多边形扫描仪等高速运动系统结合使用。连续激光脉冲在工件上的空间重叠，是实现最佳加工质量的关键参数，无论是切割、雕刻、表面处理、打标还是划线应用，都是如此。

由于运动系统的加速和减速，传统方法通常会导致复杂轮廓加工的不一致性和过度加工，而“按需脉冲”（pulse-on-demand）技术允许精确且均匀地发射单个脉冲或受控脉冲串，而不用考虑运动速度的变化。

飞秒激光源的极短脉冲宽度，实际上可以消除热量扩散到周围区域，但前提是脉冲宽度小于将热量传递到周边材料所需的时间。这个过程通常被称为冷加工。pulse-on-demand 功能允许用户有效地控制脉冲重复频率，避免材料中的热量积累，同时还能保持恒定的脉冲能量。这最大限度地减少了热影响区（HAZ）的形成，实现了各种材料的超高精度微纳加工，并且具有高吞吐量和可重复性。

Luxinar 公司开发的 LXR 系列超短脉冲（USP）飞秒激光器，将进军那些以前无法使用二氧化碳（CO_2）激光器的各行各业的新市场。英国赫尔大学目前正在使用该技术进行样本加工。

赫尔大学的研究小组致力于研究激光与材料的相互作用，并使用 Luxinar 的飞秒激光技术探索了各种应用，包括金属、塑料和复合材料的平面切割；医疗器械（如冠状动脉支架）领域的金属和可生物降解塑料的管切割；以及高质量的位图打标。



图1：利用飞秒激光源，可以在玻璃表面下标记高度小于0.5mm的字符。

医药行业的玻璃内标记

在玻璃标记应用中，飞秒激光器和传统 CO_2 激光器之间的差异非常明显，两种系统的作用方式不同。CO_2 激光波长在玻璃中被强烈吸收，全部的相互作用都发生在表面。虽然这在某些需要表面标记的应用中是一个优势，但是它无法在表面下进行标记。

飞秒激光标记的情况与此不同，它可以在大部分光学透明的材料上进行标记。尽管玻璃在激光波长下是透明的，但是非线性吸收效应会在焦点处形成密集等离子体，进而在材料体积内产生标记。

通过这种方式，利用 LXR 120-1030 飞秒激光器，已经成功地在一块玻璃的表面下进行了标记。该标记使用紧密间隔的点来形成高度小于 0.5mm 的字符（见图 1）。事实上，这种标记肉眼几乎看不见。

这类标记的潜在应用包括医疗和制药行业的注射器标记和小瓶标记。在这种情况下，表面下标记特别有吸引力，因为标记在表面下的代码不可擦除，也不会被磨损或损坏。

汽车行业的玻璃切割

厚玻璃切割是一个有趣的应用，

飞秒激光和 CO_2 激光可以一起上阵，实现高质量切割效果。

传统的机械划线和切割技术在这个行业仍然很常见，或者可以单独使用 CO_2 激光器进行划线和切割。虽然这两种工艺都快速且有效，但获得的切割质量都不是最好的，切割后的玻璃边缘通常会留下大量微裂纹。另外，传统的切割方法也不容易实现弯曲形状或圆形轮廓的切割，例如汽车后视镜和车外后视镜通常需要这些形状。

使用飞秒激光对玻璃进行划刻，可以获得更好的切割效果。这一过程需要高能量，能量可以以单脉冲或快速高能脉冲串的形式传输。CO_2 激光器提供热能，沿划线形成切割。玻璃被干净地分开，切割边缘几乎没有微裂纹和破损，能够实现曲线、直线和闭合轮廓切割（见图 2）。

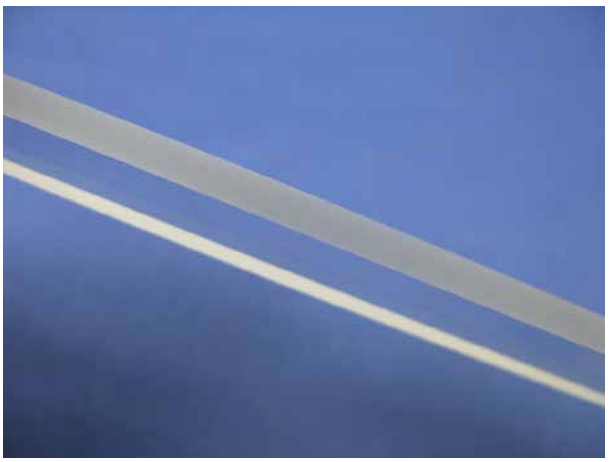


图2：飞秒激光器与CO_2激光器结合，能够实现非常干净的厚玻璃切割，切割边缘几乎没有微裂纹和破损。

金属箔刻划

利用 USP 激光器精度的另一个应用是 RFID 和移动设备天线中使用的金属箔的刻划，这些金属箔通常使用铝和铜。激光器选择性地从载体或衬底材料（通常为纸或聚酰亚胺）上移除导电金属层，以制造天线和其他柔性电路器件。

不断向小型化方向发展，需要尽可能紧密地划出非常窄的线条。但是，由于相邻线条之间必须彼此电隔离，因此必须要非常干净地从基板上移除金属，并且不会损坏周围区域，不会产生毛刺或粗糙边缘，因为这些缺陷都可能造成器件短路。LXR120-1030 激光器可以在铝箔上刻划出间距 50μm（两个线条中心的距离）的线条，并且不会对载体材料造成明显损伤。这是使用 CO_2 激光器根本不可能实现的。



图3：在碳纤维复合材料上开一个2mm的孔，几乎不会对周围的环氧树脂造成热损伤。

碳纤维复合材料的切割和钻孔

碳纤维复合材料广泛应用于汽车和航空航天工业中。虽然这类材料表现出了理想的性能，如较高的强度重量比，但是在这类材料上钻孔形成铆钉孔用于零件连接，或是进行其他加工，都非常困难。机械加工可能会导致脱层和基体损伤，也会造成相当大的刀具磨损和破坏。

另一方面，碳纤维复合材料各向异性的热学和光学特性，也为传统激光加工带来了重大问题。纤维的导热系数远高于环氧树脂基体，基体材料更容易蒸发。因此，激光加工通常会使纤维暴露在外，从而影响切口周围材料的强度。

这正是飞秒激光的用武之地。飞秒加工的热扩散大大减少，因此可以在完成切割或钻孔后，保持周围材料中的环氧树脂完好无损。这意味着可以在不影响碳纤维板强度的情况下实现钻孔和特征切割（见图 3）。避免热量堆积至关重要。

使用 LXR 120-1030 激光器成功地切割了碳纤维复合材料样品，以 1MHz 的频率操作激光器，以最大化可用脉冲能量。Pulse-on-demand 功能用于控制空间重叠，并限制到达材料的实际重复频率。热效应达到最小化，减少热影响区，并限制环氧树脂沿切口的蒸发。这样可以保持材料的结构完整性。

飞秒激光技术为汽车、电子和制药等行业带来了各种新的加工机会，而这些加工是 CO_2 激光源无法实现的。

飞秒激光技术具有光束质量高、控制灵活、按需提供脉冲、脉冲串模式选择等特性，可用于工艺优化和高吞吐量生产，并具有短脉冲宽度以最大限度地减少热损伤，因此在许多高精度应用中颇具吸引力。❑

飞秒加工

飞秒激光加工正在工业应用领域繁荣发展

随着功率的提升和成本的下降，飞秒激光器正成为许多精密工业加工的青睐之选，是工业激光市场中一个快速增长的部分。

文/Roland Woelzlein，Thomas Schreiner

飞秒激光器性能的提升和成本的下降，以及医疗设备和其他精密产品对优质切割质量日益增长的需求，将有助于将飞秒激光加工的独特优势从一种有前途的方法转变为一种生产工具。

飞秒激光器 Vs. 光纤激光器

飞秒激光切割正在各种生产环境中迅速成为一种有价值的生产工具。图 1 中的销售数据证明了这一点；图中显示，2019 年至 2020 年间，飞秒激光产品的销售大幅增长，甚至超过了光纤激光器。为什么会出现这种情况呢?

有四个主要因素促成了从长脉冲（如光纤）激光加工向飞秒激光加工的转变：

- 飞秒激光加工的边缘质量优越；
- 飞秒系统总体成本的提高已经达到了经济临界点；
- 对只能用飞秒激光切割或切割得更好的器件的需求不断增长；
- 更易于使用的交钥匙型飞秒系统，具有直观、用户友好的图形用户界面（GUI）。

使用飞秒激光器进行材料加工的独特优势，早已众所周知。在使用微秒和纳秒激光器的传统材料加工中，激光与材料的主要相互作用是光热作用，这会形成热影响区(HAZ)。在精密加工应用中，这限制了能够不产生熔化、干干净净加工的最小特征尺寸。它还会对周围材料造成不可接受的功能或外观损坏，通常需要进行机械后处理（如去毛刺、手动抛光或扩孔）。

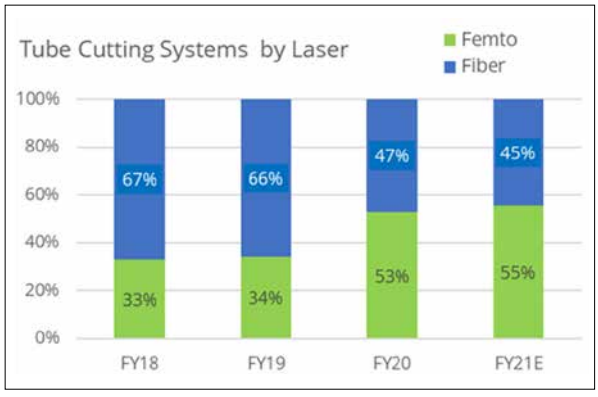


图1：相干公司基于光纤激光器和飞秒激光器的管切割机的收入情况。

相比之下，飞秒激光提供的脉冲宽度更短、峰值功率更高的光束，它能在热量传导进入零件之前，就会立即将材料蒸发掉。飞秒脉冲能够加工任何材料，包括聚合物 / 金属层等混合材料的加工。飞秒激光脉冲加工不会产生重铸碎片，因此切割后不需要再进行研磨 / 抛光。

同样重要的是，飞秒激光器在性能、经济性和可靠性方面已经达到了一个新的成熟水平。例如，相干公司的 Monaco 系列，其最大功率已从小于 20W 持续增加到超过 60W。

最近，大多数飞秒激光器的每瓦成本也有所下降，因此这些激光器可以提供更高的吞吐量和更低的单个零件成本。Monaco 系列已经在 24/7 的苛刻生产环境中运行多年，这突显了飞秒激光器可靠性的提高，同时也有助于进一步降低其总体拥有成本。再加上由于消除机械后处理步骤而节省的成本，飞秒激光加工为一些精密切割应用带来了经济转折点。

许多激光加工市场正在推进小型化，要么在不增加总体尺寸的情况下增加功能，要么实现全新的应用。医疗器件（如外围支架和微创工具）具有更小、更薄、切割特征细节多等特点，无疑是推动飞秒激光加工最近获得增长的一个主要因素。切管机对飞秒激光器的需求尤其明显，其他行业也在朝着飞秒技术发展。事实上，目

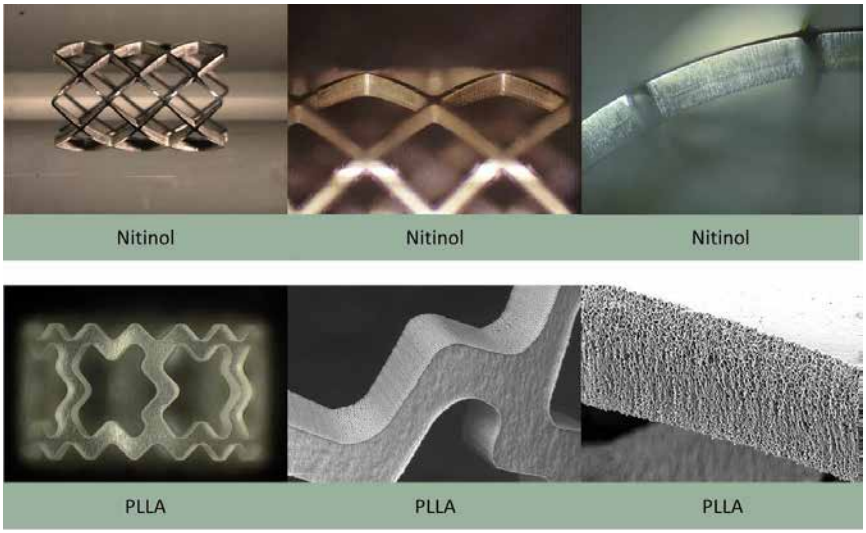


图2：飞秒激光几乎可以切割任何材料，并且能够实现优良的边缘质量，无热影响区（HAZ）。

前在电子 / 显示器领域已经有很多飞秒激光应用案例，包括晶圆划片和 OLED 切割。此外，某些奢侈品（如瑞士手表）也在使用飞秒激光，通过飞秒加工实现更高细节和精度的零件，使得产品在功能和美学方面都得到改善。

飞秒激光加工市场增长的另一个关键因素是，针对常见任务优化的交钥匙型工业切割和加工系统的可用性。电子、医疗设备和其他精密器件制造商需要完整的解决方案，而不是独立的激光器。灵活、易于使用的软件以及机器灵活性和多功能性，是许多医疗设备应用的关键，针对这类应用，合同制造商通常生产小批量的许多不同的定制器件。在这个市场上，几千个相同零件的订单通常就被认为是大批量订单。因此，机器可以轻松快速地编程，以最大限度地提高整体吞吐量，而无需大量培训或专业知识，这一点至关重要。

先进的医疗器械

医疗器械的生产制造，是推动最近飞秒激光加工需求增长的一个主要因素，它们也很好地概括了飞秒激光市场的发展。在过去，飞秒加工因为成本太高，只有在不能用其他方法加工的情况下，才会选择飞秒加工；而且最初飞秒激光器的功率较低，只能加工非常薄的零件，加工吞吐量也不大。现在，飞秒激光器已经实现了更高的功率、更具吸引力的成本，这使得它们能够越来越多地用于以前使用长脉冲激光器（如光纤激光器）加工的更广泛的领域。

飞秒激光几乎能够加工任何材料（见图 2）。飞秒激光器的早期应用是加工生物可吸收支架。随着时间的推移，被身体吸的支架解决了血管再狭窄问题。最初的支架是由有机物制成的，比如聚乳酸（PLLA）。一开始，人们使用绿光皮秒激光器加工支架，但结果并不理想；随后，飞秒激光器很快成为了加工支架的新标准。后来，人们又开发出了可吸收的金属（镁）支架。使用光纤激光加工这种金属支架会产生小金属液滴，需要后序清洗；而清洗环节很容易造成精密支架破裂，导致成品率只有 50%。飞秒激光加工随即又成了加工金属支架的标准方法。

现在，飞秒激光器已经被广泛应用于加工各种医疗器械材料，包括日益流行的镍钛合金（超弹性金属）器件，如支架和瓣膜支架。飞秒激光器的广泛应用，得益于其总体拥有成本的降低，特别是能够减少耗时费力的去毛刺和电解抛光等后序工作，并且能相应地增加产量，减少原材料浪费。飞秒激光加工还避免了使用光纤激光器加工时，因为控制热影响区而需要的湿切割。最新的飞秒激光器提供了更高的可用功率，能够切割更厚的器件，包括比动脉支架更厚的外周静脉支架，以及心脏瓣膜支架（壁厚 500~700μm）。

选光纤还是飞秒？或两者兼而有之？

飞秒激光切割正在医疗器械市场快速发展，今天对于任何要购买新机器的人来说，或许最大的问题就是：到底该选飞秒激光器还是选光纤激光器。

光纤激光器的可用功率更高，切割速度会更快，能够切割更厚的零件。但是，对于较薄的零件，由于需要降低重复频率避免累积的热损伤，通常会减弱功率和速度方面的优势。总之，哪种光源才是最佳选择，最终取决于具体的应用。当然，在加工单个工件的过程中，也可能存在有的任务适合用光纤激光器、有的任务适合用飞秒激光器的情况。

这就是为什么用于切割医疗器械的最新激光设备，可以选择飞秒激光器或光纤激光器，或是提供两种激光器的混合选项，相干公司的 StarCut Tube 系列就是这样的设备。使用这样的设备，用户可以在切割单个工件

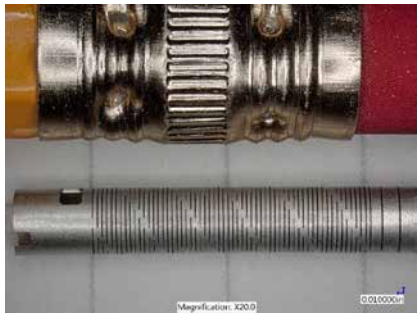


图3：这种柔性不锈钢输送管（与带橡皮擦的铅笔对比）是用相干公司的Monaco飞秒激光器切割的。

的过程中切换激光器类型，从而实现最具成本效益的生产。

运行中的系统

Motion Dynamics 公司是一家专门生产定制微型弹簧、医疗线圈和医疗器械用金属丝组件的制造商，该公司主要关注用于神经血管手术的复杂配件，包括用于可转向导管装置等应用的高质量金属丝组件的设计、生产和组装。

近几年来，该公司一直在使用相干公司的 StarCut Tube 飞秒切割设备（见图 3）。Motion Dynamics 公司总裁 Chris Witham 表示，“近年来客户需求的提升促使我们采购了第二台机器——这是一款混合型机器，配备了飞秒激光器和光纤激光器，以实现功能性和实用性的最大化。”

他指出，这些机器在加工包括不锈钢、纯金、铂和镍钛合金在内的广泛的金属材料时，都表现良好。

目前受益于飞秒激光加工的其他重要应用包括：晶圆划片和 OLED 切割。一个有趣的应用是为高端瑞士手表制造小零件。与通常使用管状坯料的医疗器械不同，这些手表零件大部分都是使用专门优化的机器，从平面基板上切割而成的。

瑞士 TechnoCut 公司是飞秒激光技术的早期采用者。该公司成立于 2005 年，是一家合同制造商，其业务是利用激光技术为手表行业提供小型零件，主要涉及激光切割和雕刻应用（见图 4）。该公司联合创始人兼技术总监 Julien Montavon 说，选择飞秒激光器是因为它的多功能性。“手表行业使用的材料种类非常广泛，包括由黄铜、铜合金和钢制成的内部零件。手表的表盘面和表链则可能包含各种金属和奇异的非金属，以增加它们的美感、品牌价值和独特性，比如可能用到陶瓷、碳纤维、珍珠母和各种贵金属。

所有这些材料都很容易用飞秒激光切割，通常不需要后序的打磨处理步骤。Montavon 表示，目前 TechnoCut 公司有四台在用的飞秒激光切割机。



图4：使用飞秒激光切割的珍珠母材质的表盘面。

现在，飞秒激光加工是工业激光市场中一个快速增长的部分。虽然飞秒激光器的优势早已众所周知，但是最近其总体拥有成本的降低和更高的可用功率，使其成为了许多重要且多样化的切割和加工应用的青睐之选。❑

上接第24页

Ansys Lumerical 也是一家为超透镜设计的不同阶段提供软件工具的公司。超透镜的每个单元都可以通过该公司的 FDTD 或 RCWA 进行模拟，以确定理想的设计参数，如层厚度，并为不同的相位、传输和偏振响应创建单元库。使用其最近收购的 Zemax OpticStudio，复杂系统中透镜的目标相位轮廓可以针对给定的应用进行优化，这允许用户从可用的单元设计超透镜，以实现所需的相位响应。可以使用 Lumerical FDTD 模拟整个透镜，以验证其是否按设计工作，并了解可能发生的任何不希望出现的散射。最后，通过透镜传播后的整个电磁场，可以从 FDTD 导入 OpticStudio 进行后续优化。

尽管仍存在一些挑战，但迄今为止，超透镜技术所取得的进展表明，它在光学、成像和显示系统的持续发展方面具有巨大的前景。新的超透镜可以在与计算机芯片相同的制造厂中制造，随着大规模生产的出现，成本也将大幅降低。这些优势，再加上其优越的性能、更小的尺寸和重量，以及比传统透镜更强大的功能和效率，使超透镜成为光学行业潜在的颠覆性产品，并有机会彻底改变我们看世界的方式。❑

参考文献
1. https://bit.ly/38HY502.
2. https://bit.ly/3KAJSiW.
3. https://bit.ly/3vzC0ty.

激光焊接

双振镜头拼焊实现电子烟发热丝引脚的高效稳定焊接

配备双振镜头的准连续光纤激光焊接系统，配合磁性吸附治具，使电子烟发热网丝引脚的焊接良率超过了99%。

文/铭镭激光设备有限公司



图2：用于电子烟发热丝网引脚焊接的准连续双振镜头激光焊接机ML-WF-ZJ-2D-QHW100。

发热网丝是电子烟内部的关键部件，其与导线之间的焊接质量，直接影响着电子烟产品的质量。

针对发热网丝引脚的焊接应用，铭镭激光设备有限公司特别定制了专用的激光焊接设备和激光焊接工艺。

焊接要求

电子烟发热网丝引脚的激光焊接，如图 1 所示。需要将发热网丝和圆柱形导线焊接到一起。

发热网丝引脚端的宽度为 0.4mm，厚度为 0.08mm；圆柱形引脚导线的直径为 0.3mm。焊接要求将发热网丝的引脚端与圆柱形引脚贴合，在两者相切处，激光焊点穿透发热网引脚端，使其与圆柱形引脚紧密焊接在一起。

现有焊接方式的不足

现有的焊接方法存在生产效率低、焊接品质不稳定、不良率高等不足。

目前的焊接方法，采用传统的 YAG 激光器，通常需要水冷，需要一段预热时间来稳定光学谐振腔，影响生产效率。另外，YAG 设备焊接光斑较大，最小焊点直径通常大于 0.4mm，功率密度相对分散，对于薄材料的精密焊接而言，此类激光设备功率波动性大，导致焊接质量不稳定；因此很容易造成虚焊或者发热网引脚端变形、焊穿等情况，导致产品拉力不足、内阻测试不合格、外观不良等缺陷，降低焊接良率。

定位夹具也是影响焊接质量的一个关键环节。目前的焊接定位压合治具采用盖板压合，利用盖板的重力实现产品的紧密贴合。由于产品非常细小，产品的定位精度、压合紧密度对焊接质量影响很大；盖板稍有形变就会导致产品不能紧密贴合，造成发热丝网焊穿、虚焊等不良后果。而且此方法将产品装入治具效率低，位置准确度差。

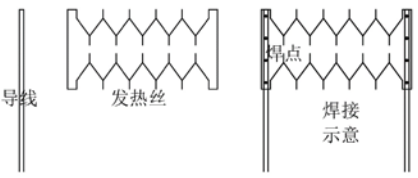


图1：电子烟内部的发热网丝和圆柱形引脚导线的焊接示意图。

目前焊接工作方式采用激光直输焊接头，焊接头固定于 Z 轴上处于静止状态，由二维平台带动治具移动来实现焊点的位置间距，即每焊接一个焊点工作台就需要移动相应的距离，才能实现下个焊点的焊接。此方式对工作台的重复定位精度有非常高的要求，且治具与二维工作台间需要紧密固定，防止因惯性作用使治具发生偏移，导致焊接点位不准，造成焊接不良。

目前的焊接方式，不但效率低（40 个产品，共 320 个焊点，需要 45 秒钟完成焊接），而且良率低于 80%，造成大量材料浪费和时间浪费。

准连续双振镜头激光焊接工艺

针对上述发热丝网引脚焊接问题，铭镭激光设备有限公司专门定制了 ML-WF-ZJ-2D-QHW100 准连续双振镜头激光焊接机（见图 2），不仅实现了稳定的焊接质量和高效率，而且生产良率高达 99% 以上。

其具备如下特征：

（1）双振镜系统一体化控制

设备正常开机后，按照设备操

作流程，工控机及控制软件系统开始启动，激光器运行，进入待命状态；当激光器接收到控制软件发出的出光信号后，即可输出激光。所输出的激光为主光路，通过控制软件端口可以设置切光模组的打开、关闭，实现两个扫描头间的光路切换。

（2）高度集中相同硬件配置

振镜扫描系统将会按照控制软件设置好的焊点程序，带动激光运动，并通过 F-θ 透镜聚焦，使激光作用于工件焊接处，实现产品的有效焊接。两路振镜扫描系统模组的硬件配置一样，所以应用实现的功能一样。

（3）智能化扩大焊接范围

该产品需要的焊接范围为 186mm×35mm。针对焊点的需求，选择焦距 F=170mm 的 F-θ 透镜，焊接范围为 100mm×100mm。采用双振镜头并排设计进行焊接，且双振镜头之间的距离可通过间距调节模组调节，有效焊接范围最大为 200mm×100mm，符合焊接要求的范围，即振镜扫描系统模组 1 焊接产品前 93mm×35mm 的位置范围，振镜扫描系统模组 2 焊接产品后 93mm×35mm 的位置范围，且两光路切换在 100ms 内完成，很好地实现了双振镜头非移动式拼接焊接。

（4）定制化焊接治具工装

图 3 中，左图为负磁吸附焊接治具，正面为引脚导向定位槽，用于固定发热丝的引脚。引脚直径 0.3mm，治具槽宽 0.32mm，槽深 0.27mm。引脚入槽后，在治具背面圆柱形强力磁铁的吸附作用下，紧贴于槽内壁。引脚在槽内横向移动空间为 ±0.01mm，高出治具上表面 0.03mm，便于跟发热丝无缝贴合。治具两端有产品定位销钉，尺寸距离跟发热丝模组定位孔对应，将其精准固定，在圆柱形强力磁铁的吸附作用下，发热丝引脚端平面与发热丝导线引脚紧密贴合，如图 3 中右图所示，此时产品已经为焊接做好了准备。

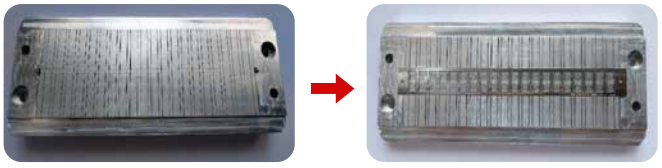


图3：定制化焊接治具。

（5）自动焊接保证品质

通过工控机及控制软件系统，设定好焊接程序、切光程序及功率等相关参数后，即可启动焊接。图 4 中，左图为焊接后的产品图，中图为单个产品成品图，右图为产品焊接点位放大图。

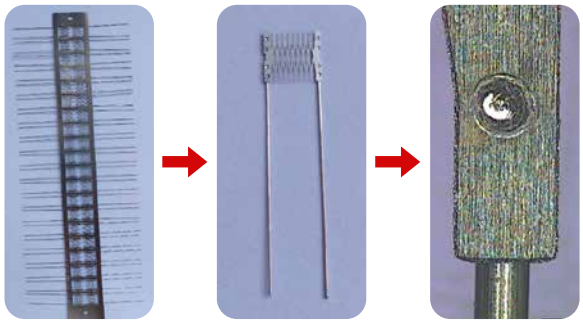


图4：焊接后的产品图（左）、单个产品成品图（中）和产品焊接点位放大图（右）。

主要优势

（1）激光器免维护

该双振镜头激光焊接机的光源为光纤激光器，采用风冷结构。激光器由固体二极管泵浦，当激光器不使用时可以完全关闭，并且能在无需预热时间的情况下，即可获得正确的激光功率。

由于光纤激光器只有在工艺准备就绪时才被打开，因此可实现更高的正常运行时间，1 秒钟可稳定输出 40 个焊点。焊接光斑小，焊点直径可调至 0.3mm 内，能量密度集中，焊接稳定且精度高，提高产品外观焊接质量，每个焊点能量均匀，且焊接拉力强度基本一致。产品内阻测试稳定，阻值在 1.1Ω ±0.1Ω 间，符合该产品的焊接工艺要求。

（2）磁性吸附定位准确

治具引脚用定位槽定位，发热网丝用定位针定位，两者采用磁铁负磁吸合，使每个产品焊接部位贴合紧密、无间隙，产品装夹方便快捷，并且保证焊接质量的一致性。

（3）焊接速度快、稳定性高

采用时间分光方式实现双振镜焊接头间光路切换，光路切换在 100ms 内完成，避免治具依靠二维平台移动导致的定位不准，产生焊接不良。此方式生产效率高，40 个产品的 320 个焊点，可在 10 秒钟内完成焊接，相比传统焊接方法，效率提高了至少 3 倍以上。焊接质量稳定，良率大于 99%。

小结

采用准连续光纤激光器双振镜焊接系统，代替原有的 YAG 自动平台焊接，焊接效率提高 3-5 倍，焊接质量稳定，产品良率提高近 20%，耗电量也从每小时 8kW 降低到每小时 2kW。通过高速分光技术实现两路光路自由转换，有效避免了 XY 移动模组频繁高速移动带来的误差，大大提升了产品良率。❑

通快公司高功率超短脉冲激光器 TruMicro 2070

TruMicro 2070 是通快公司最新推出的一款参数极为灵活的高功率超短脉冲激光器。其灵活性主要体现在如下方面：首先，脉冲宽度在 350fs~20ps 范围内可调；其次，频率灵活使用，从单个脉冲至 4MHz 均可调用，更有高达 50MHz 的超连续模式选项；再次，Burst Mode 脉冲数量灵活可变，单组 burst 脉冲串中最高可容纳 16 个单脉冲，能量可达到 500 μJ；最后，可搭配通快公司最新的 LLK-U 超短脉冲传输光纤使用，突破了超快激光仅能通过空间光束传导的现状，通过超短脉冲光纤可将超快激光束灵活地传数到各种形状的加工区域中。



TruMicro 2000 系列超快激光器产品发布已超过五年，此系列产品凭借其优秀的光学特性与运行稳定性在工业生产及科研领域受到广大用户一致好评。 随着市场对激光器功率、频率的要求进一步提高，最新的 TruMicro 2070 基于已积累的两代技术平台，在功率与频率部分实现了跨越式提升，现输出功率可达 100W，普通运行频率可达 4MHz，适用于多种材料的精密加工。

MKS/Spectra-Physics 功率 >50W 的紫外飞秒激光器 IceFyre FS UV50

MKS 推出的 Spectra-Physics® IceFyre® FS UV50 激光器，是一款紫外功率 >50W、高可靠性和低拥有成本的工业飞秒激光器。这种新型激光器具有超凡的多功能性，具有脉冲按需（POD）、位置同步输出（PSO）触发和 TimeShift 可编程脉冲串模式，具有出色工艺性能。IceFyre FS UV50 激光器是高产量、高质量微加工关键材料（包括聚合物、金属、半导体、薄膜和复合材料）的理想选择，适用于要求苛刻的全天候微加工，包括消费电子产品、清洁能源、医疗设备和工业领域的应用。普通运行频率可达 4MHz，适用于多种材料的精密加工。



ACS 激光控制接口模块 LCI

激光控制接口模块 LCI 旨在满足激光 OEM 设备制造商对吞吐量和精度的苛刻要求。LCI 在 ACS SPiiPlus 平台 EtherCAT 主控制器下工作，将固定光路激光器的控制与运动紧密同步。亚微秒延迟可以实现高精度激光微加工，高脉冲频率可以实现高吞吐量。能将激光和多达五个轴的运动控制同步。



激光控制模式：(1) 基于位置的触发：固定距离脉冲、基于分段的选通、坐标阵列脉冲、距离阵列脉冲、坐标阵列选通、距离阵列选通；(2) 增加灵活性的组合触发模式：固定距离脉冲和基于分段的选通、固定距离脉冲和坐标阵列选通、其他可能性；(3)

基于速度的功率控制：3 种功率控制输出格式（PWM、Analog、8 Bit Port）、标准矢量或用户定义的速度计算、用于电源监控的模拟输入、可同时激活功率控制输出和激光触发输出；(4) 集成触发和功率控制：动态脉宽定距脉冲、分段选通和 PWM 功率控制、基于阵列的选通和 PWM 功率控制协调、其他可能性。

产品规格：逻辑电源 24 VDC；数字输入 / 输出：8/8；激光控制信号接口：RS422 差分或 5/24V 单端；最大脉冲频率 16MHz；亚微米级激光脉冲精度（取决于运动平台和工艺）；尺寸 134mm × 75.4mm × 31mm。

产品功能：多轴位置触发；动态激光功率控制。

凯普林光电 BFL-CW3000 闪电系列光纤激光器

闪电系列光纤激光器采用单光路模块设计，突破了单模块功率限制，光路、水路、电路系统全面优化，热控管理更容易、结构更紧凑、安全系数更高、稳定性更好、体积更小、重量更轻。BFL-CW3000 系列相比老款 3000W 光纤激光器体积减小了 3/4；重量减轻了 1/2；光路、水路设计更合理，全面提升散热效率，保证优质的光学输出质量。



面对未来超高功率光纤激光器的应用需求，闪电系列也可以有效解决超高功率光纤激光器合束后体积

冗余、笨重、稳定性差、输出功率不稳定、功率衰减、模块易损坏等问题。适用于碳钢、不锈钢、铝合金、铜合金等多种金属材料的激光切割；适用于单激光焊、摆动激光焊接、激光填丝焊接、激光复合焊接等多种焊接工艺；适合普通激光熔覆、高速激光熔覆、激光淬火、激光合金化等多种激光再制造工艺。

相干公司用于MicroLED制造的 UVtransfer 集成式激光系统

相干公司的新型 UVtransfer 是一个集成式激光系统，用于执行 MicroLED 制造中的三道重要工艺：激光剥离 (LLO)、巨量转移 (LIFT) 和激光修复。



UVtransfer 可支持研发及试验线生产，该系统基于高能量准分子激光技术，此技术同样使用于 LTPS 显示背板的退火工艺，并在大规模量产中得到长期验证。

MicroLED 有望降低超大显示屏以及部分小型显示屏的成本，但是将数量极大的小尺寸有源裸芯片从生长晶圆精确转移到最终的玻璃基板，是极大的挑战。

为提高工艺效率并降低裸芯片成本，生长晶圆上裸芯片之间的间距和间隔极小，这些加剧了挑战。裸芯片尺寸预计还会从 50μm 缩小至 5μm。因此，批量制造工艺必须具备可扩展性以适应更小尺寸。

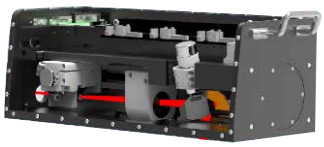
UVtransfer 能够处理三个关键生产步骤，它的每次脉冲可以覆盖大到 16mm × 2mm 的区域，实现大规模并行处理。要为大型显示屏转移数以亿计的显示裸芯片，并让这些显示屏实现经济效益，这一点至关重要。UVtransfer 系统完全顺应裸芯片尺寸变小这一必然趋势，消除了新制造技术经常遇到的投资风险。

菲镭泰克动态聚焦系统 C30

工业激光3D动态聚焦系统领跑者

作为激光加工装备的核心单元，一套完整的动态聚焦系统不仅包含动态聚焦模组、XY 振镜组，还包括传控软件和传感器，是一套可以闭环工艺落地的智能激光加工工作站。

在光加工时代，随着越来越多的应用场景落地，越来越多的激光加工工艺升级都需要整体或者局部单元的动态聚焦方案，设备集成商也将更多的注意力投向器件和子系统设计工艺及品质保障层面，例如激光的柔性化定制、3D 打印等高端精密行业。



菲镭泰克动态聚焦系统 C30 适配 30mm 入光直径，支持波段 10640nm/10200nm/9400nm，380 μ s 跟随延迟，耐受功率 CW500W，最大实现 1200mm × 1200mm 工作范围，最大 Z 向深度 200mm，最小光斑直径 0.01@100mm × 100mm。不仅可以实现大幅面异形工件的一次性加工工艺，也能实现小批量、个性化的工艺特征；在 SLS 和 SLM 等选区增材制造应用中，也被大量引入，以增大单头装备的加工尺寸和效率。

Santec 高速 LCOS 空间光调制器 SLM-210

Santec 公司最新推出的空间光调制器 SLM-210，采用了 Santec 第二代液晶 LCOS (Liquid Crystal on Silicon)技术，是一款高性能的空间光调制器。该型号大幅度提升了 LCOS 的响应速度。



SLM-210 的响应速度小于 10ms，其速度比 Santec 的以往产品提升了 20 倍以上。随着 LCOS 响应速度的提高，结合 Santec 卓越的高灰度等级，有助于提高光学领域的性能，如波面校正、激光加工光束整形、生物传感和量子计算等。

产品主要特性包括：响应时间典型值 6ms（A 款）；WUXGA（1920 × 1200）；记忆功能；触发器 - 输入和输出；坚固耐用的长 FPC。

IPG 高效节能型高功率光纤激光器 YLS-ECO

节能减排是高端制造企业的首要任务。YLS-ECO 激光器是在“能耗双控”背景下应运而生的创新产品，电光转换效率可达 50% 以上，是同类产品的 2 倍，激光功率高达 30kW，可提供高质量加工能力和可靠性。

以矿山机械、工程机械、农机、船舶、钢结构为

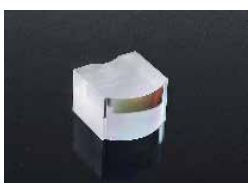
代表的重型机械行业制品往往体积巨大，会占用较大的生产空间，缩短交货期对提升设备、厂房利用率，提升利润贡献巨大。



这意味着对加工设备的稳定性和加工效率要求更高。这些设备的工作环境恶劣且工作强度大，一旦出现故障，停机成本高，所以就要求作为核心部件的激光器能够持久稳定出光。YLS-ECO 系列激光器所需的输入功率更少，从而减小发热量，减缓单个泵浦源的老化速度，使激光器的使用寿命更长。在助力绿色制造的同时，其出色的长期功率稳定性，能够在超过十年的时间里保持卓越加工能力，为最严苛的应用提供长期稳定激光功率，为客户带来巨大效益。

炬光科技蓝光弯月型慢轴准直镜 ZLE002360

炬光科技蓝光弯月型慢轴准直镜，采用凹凸双面非球面柱形设计，有效焦距为 9.7mm，可用于蓝光半导体激光器慢轴准直。蓝光半导体激光器持续推动着铜、铝等高反材料加工方式的变革。与红外光相比，蓝光对高反金属的高吸收率为传统工业应用（如切割、焊接）带来了巨大优势。除材料加工外，蓝光在医疗、照明、泵浦等领域的应用也倍受关注。



炬光科技为蓝光整形提供合适的光学元件。用低吸收率的光学材料是防止光学元件升温的关键。与其他常规设计相比，弯月型慢轴准直镜在有效保证高功率蓝光激光器实现最小发散角的同时，可做到更紧凑的设计。

炬光科技使用独特的晶圆级同步结构化加工工艺进行微光学透镜生产，此工艺可一次性生产出数千个透镜，从而实现高性价比的大批量规模化生产。

海创光电车规级 1.5μm 光纤激光雷达光源模组

自动驾驶的不断发展，促使激光雷达在乘用车市场逐步落地、量产上市，千亿蓝海市场初现雏形。激光雷达光源模组作为激光雷达的核心部件，技术不断迭代，满足市场对其车规级、小尺寸、低功耗的要求，推动大规模商用化的到来。



海创光电自主研发的 1.5μm 光纤激光雷达光源模组，是目前世界上尺寸最小、功耗最佳的一款大规模量产车规级产品。海创光电采用降额和冗余设计，实现了激光雷达光源模组符合车规级要求的高可靠性；采用自主知识产权的集成化光器件和绕纤工艺技术，满足了激光雷达光源模组的小尺寸、低功耗要求；采用独有的设计方案，充分利用了国有产业链的优势，解决了激光雷达光源模组在激光雷达整体成本占比较高的难题，是第一款大规模量产车规级产品，广泛应用于无人驾驶、高级辅助驾驶、车路协同、机器人、测绘、高精度地图、智慧交通等领域。

联赢激光蓝光复合激光焊接机

联赢激光率先自主研发出国内首款高功率千瓦级蓝光激光器，填补了国内此领域的空白，革新了铜、金及其他高反材料的激光加工技术，提高了高反材料的加工效率。



蓝光复合激光焊接机通过自主研发的蓝光复合焊接出射头，将红外激光及蓝光激光复合在一起，使无飞溅、高稳定性、高品质厚铜材焊接成为可能。而自主研发的多波长蓝光复合焊接技术和多波长蓝光摆动复合焊接技术，创造性地解决了新能源电池、消费电子、电机等多个行业的激光加工难题，经实验验证，其应用大幅提升了下游客户的产品质量，产生了显著的经济效益和社会效益。

密尔光子 AFL 系列 25W 超脉冲掺铥光纤激光器

密尔光子的新型 AFL 系列 25W 超脉冲掺铥光纤激光器，是按照医疗客户标准而开发的，全光纤输

出 1940nm，最大输出连续功率超过 25W，脉冲超调可实现 100W 峰值功率运转，最大调制频率超过 3000Hz，最短脉冲小于 100μs，光束质量优于 1.5。激光器还有 60W 风冷、120W 水冷等多种功率输出供客户选择。



25W 超脉冲掺铥光纤激光器以优异的技术迁移能力，可预期地大幅度成本降低，具有高可靠性、长寿命的特点，广泛应用于中红外激光泵浦、透明塑料焊接、激光医美和外科手术等场景。

西诺光学 Argolight 荧光定量标准片 Argo-LM/HM/SIM

荧光显微镜是生命科学实验的主要工具，如何实现其性能的快速、量化评估及分析，帮助用户获得精确可靠的数据结果？我们的合作伙伴 ARGOLIGHT 为您提供了优质可靠的解决方案——包含标准图样的荧光定量标准片和定量分析软件 Daybook。软件提供了 14 项自动化质量分析，数十个相关指标。让我们评估显微镜的性能不再只是基于生物样本的主观图像，而是基于客观和量化的参数。

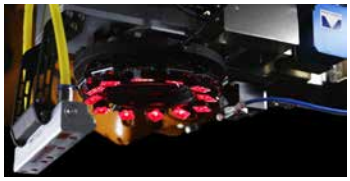


二代荧光定量标准片已上市！相较于前一代，图样的荧光强度更强甚至达到了原来的 3-5 倍，大大提高了在低 NA、低放大倍率和红色光通道时的量化评估。不论从功能性还是稳定性来说，二代荧光定量标准片都是目前市场上的佼佼者。

该荧光定量标准片模拟了符合显微镜的成像条件，适用于多种荧光显微系统，且受到 NASA、Zeiss、罗氏、赛默飞世尔、赛诺菲等一众专业用户的好评与认可。

普雷茨特 ScanMaster 远程激光扫描焊接

ScanMaster 远程扫描焊接为各行各业提供了一揽子激光焊接解决方案，它尤其适合需要精准且重复性高的产品，比如动力电池连接单元或电芯连接片等。



ScanMaster 集高精度距离测量、自动定焦、高精度图像处理以及焊中实时监控功能于一身，以满足客户个性化的要求。ScanMaster 采用模块化的设计，功能模块可量身定制。2D 振镜实现经济高效远程加工。高分辨率图像处理及 Z 轴自动对焦，保证焊接工艺稳定可靠。LWM 实时智能过程监控，进一步提高工艺可靠性。这些功能组件都经过长期工业验证，稳定可靠，而且完美交互。

大族激光全自动一体成型电感激光三面加工系统 EP-LPM

本设备是在紫外激光在一体成型电感激光剥漆工艺的基础上，开发出的一套全自动电感激光三面加工系统。



这是一套完全自主研发设计的全自动激光加工设备，配置振动盘实现自动供料，图像传感器自动辨别正反并剔除反料、CCD 实现自动定位、双振镜系统和旋转平台实现电感的单面、三面去漆、移载机构实　现物料的搬运和自动下料等功能。

相比于传统手工、化学腐蚀方式，此设备具有加工效率高、精度高、环保和易于实现自动化等优点，解决传统剥漆后续镀锡不良的问题。本设备最快加工效率达 14000 个 / 小时，加工精度 ±0.04mm，具有生产效率高、加工精度高等优点。本设备成熟、可靠，已大批量交付客户，持续为客户创造价值。

德龙激光双工位卷对片皮秒紫外加工设备 DRP01

该双工位卷对片皮秒紫外加工设备 DRP01 的工业应用对象为覆盖膜、FPC、PCB 的加工设备。设备实现自动进料、自动切割、自动裁切功能。设备各部件高效集成，集成激光器、光路、振镜系统、运动平台、影像系统等，实现高效、准确作业。

该设备是为解决卷材卷料产品对于激光加工后分

割成片的问题而推出的，实现卷料的自动送料，然后进行激光切割，激光切割完成后自动切割成片状产品，同时可以自动裁板和自动计算张数，真正实现 24 小时无人化加工，大幅提高生产效率。



该设备配备公司自主研发的紫外皮秒激光器，适用于覆盖膜（CVL）、柔性板（FPC）、软硬结合板（RF）和薄多层板的切割成形，以及开窗、揭盖；可扩展用于切割各种基材，真正实现切割边缘无炭化，半切、全切工艺一次完成，设备高效、快速、稳定。

苏州贝林激光 30W 飞秒紫外激光器 Axinite UV-30

贝林超快激光器为各种超薄、超硬、脆性、柔性、透明材料加工提供解决方案。



Axinite UV-30 采用飞秒光纤种子源配合混合放大器，实现高功率飞秒激光输出。飞秒光纤种子源通过可饱和吸收镜换点技术实现 >40000 小时的寿命，固体放大器实现高功率高脉冲能量输出，独特的倍频技术获得 >40% 红外光到紫外光转换效率，延长三倍频晶体使用寿命。强大的控制系统，实现激光器长时间稳定运行兼具多种控制功能。

激光器控制技术：公司积累了整套激光器控制技术，包含泵浦源驱动和温控技术、选脉冲技术、脉冲同步技术、数据记录技术、功率调节和监控技术等，实现激光的稳定输出，也可以实时监控激光器的使用状态。

飞博激光 PAM 能量、光束模式可调激光器

采用传统常规型号单一传输芯径的激光器焊接铝合金和紫铜时，不可避免的会出现反射率高、连续焊接稳定性差、成型差等缺陷，且过程中容易产生飞溅、气孔和裂纹，对电池安全性产生极大的影响。

针对这些难点，飞博激光研发出 PAM 能量、光束模式可调激光器。该激光器采用飞博自主研发的高功率中心芯层和环形芯层能量独立耦合与能量低串扰技术，中心和外环功率动态实时调节，同时支持外部双模拟量调节，并且串扰小（≤5%）；高亮、高稳定输出的激光模块，电光效率高、输出功率稳定；具备波形编辑功能，实现整体激光输出波形、能量可调节编辑；焊缝成形稳定、一致性好、无飞溅；大大提升焊接灵活性、适应性及多样性，可满足新能源行业中的车身、动力电池等高速、高质量焊接需求。



国神光电单脉冲 2mJ 300W 红外皮秒激光器 GS-PIR300

GS-PIR300 是国神光电最新推出的一款平均功率和单脉冲能量都极高的一款产品。其技术指标主要体现在以下方面：(1) 脉冲宽度小于 10ps；(2) 平均功率 300W，且单脉冲能量可以到 2mJ，兼顾了高功率和大单脉冲能量；(3) 重复频率范围宽，在 150~4000kHz 范围内均可调用，兼顾高低频使用，具有 PSO 模式；(4) 峰值功率可以达到 200,000,000W（200MW）；(5) 兼容运动控制卡、打标卡等多种控制方式。



该产品采用自制已批量化生产的光纤种子源和新型脉冲分布式放大技术，克服高峰值功率状态下的非线性效应，使其能够稳定输出 300W 高平均功率和 2mJ 高单脉冲能量。主要应用于消费电子领域厚玻璃的高效切割、锂电领域的极片切割等。

首量科技大尺寸深紫外单晶氟化钙（φ350）

首量科技推出的大尺寸深紫外单晶氟化钙，主要用途包括半导体光刻系统镜头材料、光学窗口、基质晶体材料、透镜棱镜等光学元件。

大尺寸深紫外单晶氟化钙具有透光范围宽、应力双折射低、折射率均匀、机械性能稳定、不潮解、抗辐射损伤能力强等优点。

氟化钙晶体由于具有优异的抗激光损伤性能和深紫外波段透过特性，被认为将取代石英晶体成为光刻

机光源的主要光学元件。因此将氟化钙晶体的研究主要集中在生长更大直径单晶、通过退火处理降低应力双折射、提高光学均匀性等几个方面，首量取得了突破性的进展。



英诺激光 INNO LASER 英诺激光紫外皮秒激光器 AMT-355-30-1000

英诺激光 AMT-355-30-1000 紫外纳秒激光器切割电路板的优势逐渐被客户认可，目前已经成为主流的加工工艺。但是随着产品要求的进一步提升，工艺需要不断突破，主要问题有以下两点：切割面变色和加工效率慢。

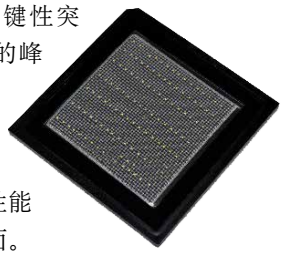


对于纳秒激光器，材料去除需要注入较高的能量和较长的作用时间，热效应明显。而皮秒激光器，由于其脉冲能量和材料作用的时间更短，峰值功率高，可以有效控制热效应。

30W 紫外皮秒激光器的光子能量恰好大于高分子材料的主要键能 C-C 键和 C-N 键，在打断化学键的同时又不至于产生过多的热量，所以切割效果远好于长波长激光器，清洁、安全、环保，所以紫外皮秒凭借着超短的脉宽和极小的热影响，在很多应用中不论是效率还是切割效果，都是高功率紫外纳秒激光器无法替代的。

EVERBRIGHT 长光华芯 75W 高峰值功率 VCSEL 芯片

长光华芯以实现高功率高效率半导体激光器芯片的国产化为使命，在器件设计、外延生长、晶圆工艺等核心技术上取得多项关键性突破，大幅提升了激光芯片的峰值功率、功率密度及效率，实现了高峰值功率高效率 VCSEL 芯片的批量生产，解决了我国激光雷达用高性能 VCSEL 芯片依赖进口的局面。

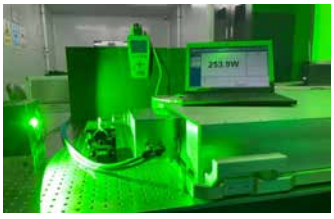


为满足市场需求，长光华芯推出 905nm 75W VCSEL 激光芯片，在 15A 下，器件功率超过 75W，90% 能量分布发散角到 18°，器件功率密度达到了 1200W/mm^2，所设计器件工作条件下效率达到了 24%。具有高峰值功率、低发散角、高效率的特点，应用于激光雷达领域。

SUPERWAVE 盛镭科技 200W 绿光皮秒超快激光器

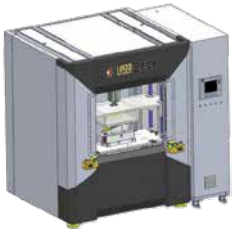
北京盛镭科技有限公司基于自研技术实现 200W 量级皮秒绿光，同时应用自主开发的 POD 和 Supersync 电学控制方案，能够很好地满足高速精密加工要求。

该产品采用光纤 SESAM 锁模皮秒种子源 + 固体放大技术路线，超快激光产生方式稳定可靠，放大方式支持高功率高能量输出；最大输出功率超过 253W，单脉冲能量大于 80μJ，脉冲宽度小于 7ps，具备高重复频率（2~6MHz）。光束质量优异 M^2<1.2，近远场光斑圆度 >90%，像散 <5%；支持脉冲串输出，支持脉冲串波形任意编辑，支持 POD 外触发模式；工业化设计，可满足 7X24 小时工作模式，整机寿命大于 20000 小时。



3S LASER 三束激光 压力与熔深实时闭环控制同步塑料激光焊接机

上海三束激光的同步塑料激光焊接设备，采用多头同时对产品焊接筋位加热，采用上位机控制系统软件和 CAN 总线，实时控制焊接产品的压力与位移，通过压力与位移实时反馈曲线判别焊接产品是否存在问题。



采用波长 980nm 的近红外激光，通过光纤传输和光学整形设计实现焊接筋需要的光型，通过系统实时控制，保证焊接过程的稳定可靠。应用于车灯焊接、过滤器焊接、医疗器械在线高速包装焊接，或对焊接要求效率高、应力小的场合。可提供非标定制。

功率24kW碟片激光器

通快推出新一代TruDisk高功率碟片激光器TruDisk24001，可提供高达24kW的长时间稳定输出的激光功率，可用于切割、焊接和表面处理，尤其适用于那些同时需要高功率输出和优异光束质量的加工需求，例如切割厚钣金和钢板，以及焊接厚板，能满足造船厂、起重机、工程机械以及汽车制造等重工业领域的加工需求。



该产品采用了通快的环芯可调技术，将激光功率分配到输出光缆的内芯和环芯上，通过灵活地调整激光功率和光束能量，能方便地在薄板和厚板加工之间切换。还配备了光束引导系统，使用户能够将多根光缆插入多个输出端，在不影响功率和光束质量的情况下将激光用于多个系统，实现一机多用。闭环功率控制实现了长时间高功率稳定输出，保证加工质量的一致性。TruDisk谐振腔结构和新设计的LLK-X光缆接头，使该激光器能加工铜等高反射材料。

Trumpf，www.trumpf.cn

平均功率>50W 绿光皮秒激光器

Spectra-Physics IceFyre GR50激光器以可调的重复频率，从单次激发到10MHz，提供大于50W的平均功率和大于100μJ的绿光脉冲能量，并真正触发脉冲按需(POD)和位置同步输出(PSO)。



该激光器的TimeShift可编程脉冲串模式可实现灵活的脉冲串操作，可调节子脉冲计数、分离和强度，以优化微加工结果。其It’s in the Box设计将电子控制设备、激光二极管和所有其他关键部件集成到一个紧凑、轻便的激光头中。

MKS，www.mksinst.com

20kW Dragon激光输出头

光库科技开发了三款QBH接口兼容激光输出头：万瓦级激光输出头、千瓦级激光输出头，以及针对手持焊接应用推出的轻量化激光输出头，为客户提供兼顾性能与成本的解决方案。



Dragon 20kW万瓦级激光输出头，采用大端帽高损伤阈值设计，可承受20kW输出功率；Dragon 6kW千瓦级激光输出头，集成了高功率包层光剥除器和端帽熔接；这两款产品都具备良好的抗高回反光性能和低传输损耗；都采用间接水冷和安全联锁技术，更安全，更稳定；水冷管平行设计，节省空间，易于装配。

Dragon 3kW轻量化手持焊接激光输出头，体积小，重量轻，铠缆易弯折，大大提高了手持操作的灵活性。可承受3kW连续输出功率，光斑能量分布均匀，光束质量劣化小。产品能够适配焊接头、手持焊枪、准直元件等各种接口。

光库科技，www.afrlaser.com

YLS–ECO光纤激光器

IPG推出的YLS-ECO系列高效节能型高功率光纤激光器，是在双碳背景下应运而生的创新产品。该系列激光器功率高达30kW，具备高质量加工能力，电光转换效率可达50%以上，且每台IPG光纤激光器集成多个单发射极二极管，易于冷却，并提供冗余，确保使用寿命长和卓越的功率稳定性。



通过降低能耗，YLS-ECO系列激光器可大幅降低运营成本和冷却需求及成本，实现具有成本竞争力的碳达峰、碳中和，非常适用于不能停机或生产不能受到干涉的应用场景。

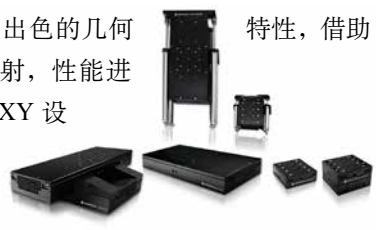
IPG，www.ipgphotonics.com

Aerotech 第二代纳米定位平台

Aerotech的第二代ANT纳米定位平台，面向既需要出色的动态性能、又要求纳米级精度的严苛应用。

ANT95L和ANT130L单轴线性纳米定位平台提供多种配置，在分辨率、精度、可重复性、尺寸和可靠性方面表现出众。ANT130L的行程长度可达210mm。

ANT95XY和ANT130XY两轴XY型纳米定位平台，具有卓越的平面性能和出色的几何特性，借助超高精度的2D误差映射，性能进一步增强。采用集成式XY设计，针对刚度和动态性能进行了优化，外



形紧凑，适用于高效的设备和系统设计。

ANT95LZ 和 ANT130LZ 单轴 Z 型纳米定位平台，可在垂直方向提供纳米级的运动和定位性能，负载能力强，可由用户调整，并且气动配重摩擦小。

ANT95LZS 和 ANT130LZS 低型面 Z 型纳米定位平台，两侧安装有气动配重、摩擦系数极低、外形紧凑，并且垂直运动品质极佳。

适用于单轴和多轴应用，涉及光子学组装和检测；光纤校准和优化；光学制造、测试和检验；传感器测试和鉴定；半导体加工和检验，以及研究和实验室应用。

Aerotech，www.aerotech.com

新一代光纤激光器 TruFiber P 系列和S系列

通快新推出的 TruFiber P 系列和 S 系列光纤激光器，开创了激光技术的新时代。这些新型光纤激光器作为多用途工具，可用于焊接和切割厚、薄和难以切割的材料。凭借高达 6kW 的功率输出和一系列复杂的光学元件、传感器和软件，它们广泛适用于各种行业。功率输出能在长时间运行下保持非常稳定。



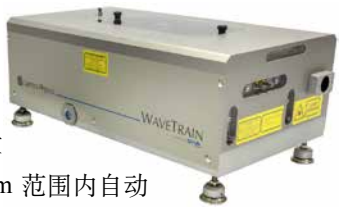
TruFiber S 将强大的光束源与环芯可调焊接技术（BrighLine Weld）等先进功能结合起来，该技术有助于提高加工质量和生产率。有单光路和双光路两种选项，后者可将激光用于两个系统，实现一机两用。支持光缆即插即用，是汽车行业等大型生产线的绝佳选择。

TruFiber P 系列有一路输出，提供 VariMode 选配项，可以快速改变光束轮廓。因此，该激光器可以高速加工钢、铝等薄板，也可以加工铜、黄铜和其他高反射性材料。VariMode 能加快切割和钻孔速度，节省后道工序，降低运营成本，提高切割和焊接质量。

Trumpf，www.trumpf.cn

MKS 扩展量子应用的激光器产品组合

MKS 宣布对其用于量子应用的 Spectra-Physics® 激光器进行新的扩展和升级。Matisse C 高功率超窄线宽可调谐激光器，升级到前所未有的 400nm 全自动调谐范围，公司正在推出新一代 WaveTrain 3D 高功率 CW（连续波）倍频器。最新的 Matisse C 与 WaveTrain 3D 的结合，产生了强大的超窄线宽的紫外到可见光的可调谐激光器系统，可在 335~525nm 范围内自动调谐，紫外输出功率高达 >2.5W，线宽低至 <40kHz。新的宽泛可调谐 Velocity 半导体激光器的调谐范围几乎是标准型号的两倍。这些新的出色的激光系统非常适合要求严格的量子、原子、分子、光学（AMO）物理、光子集成电路（PIC）、全息、干涉和计量应用。



MKS，www.mksinst.com

Cobra OEM OCT光谱仪

WasatchPhotnics 推出的 Cobra OEM 系列小尺寸 OCT 光谱仪，体积紧凑轻便，可提供以 840nm 为中心的多个带宽，在空气中成像深度可达 4mm，与可用的 SLD 源相匹配，以实现具有成本效益的 OCT 批量成像。



Cobra OEM OCT 光谱仪提供卓越的滚降性能，从信号与成像深度的比较中可以看出，由于滚降更少，可比典型的 800nm 成像更清晰地成像更深的结构。该产品主要针对于 800nm 波段工业材料加工领域、质量控制、医疗检测仪器等应用。

波弗光电，www.bonphot.com

基于创新板条技术的 TruMicro 6000 系列

基于板条技术，新一代 TruMicro 6000 可满足从切割到钻孔的不同加工需求，适用于多个行业。其增益介质因看起来像一块瓦片或板而得名板条。激光穿过板条，在其两个端面之间以“之”字形穿行。板条的优点在于这种增益介质非常有利于冷却，使得高重复率的高脉冲能量成为可能。这是一种拥有几毫焦脉冲能量的工具，可用于加工厚度达 6mm 的玻璃，比如在玻璃上钻孔。



超短脉冲减少了高度敏感材料的热应力。高峰值的脉冲功率水平保证了最佳质量与最大生产力相匹配。

Trumpf，www.trumpf.cn

Advertiser	广告客户	网址	页码
Ante Laser	安特激光	www.antelaser.com	11
BWT	凯普林	www.bwt-bj.com	23
CIOE 2022	第24届中国国际光电博览会	www.cioe.cn	IFC
Edmund Optics China	爱特蒙特光学 (深圳) 有限公司	www.edmundoptics.cn/052-8612	19
ES SHOW 2022	2022年深圳电子元器件及物料采购展览会	http://esshow.cn/	5
maxon	钧和伺服	www.maxongroup.com.cn	15
Mean Well	明纬	www.meanwell.com.cn	7
MRSI SYSTEMS		www.mrsisystems.com	25
Ophir Photonics		www.ophiropt.com/photonics	27
Scanlab Gmbh		www.scanlab.com	1

文章投稿指南

《激光世界》不发表公然推销某一具体产品或服务的文章。只有文章内容需要或与主题相关时，才可偶尔提及某一具体产品。

具体要求

1、最好配两幅以上相关图表。
2、应在预定发表日期之前一个月投到编辑部。
3、切勿一稿多投。
5、编辑部有权修改稿件。作者或供稿公司如需在出版前确认修改后的稿件，请事先声明。
6、请留下作者的各种联系方式。

发布新产品投稿指南

1、请清晰地写明新产品的名称、型号、功能、独特之处和用途等。
2、请附上产品照片。照片的分辨率不低于300dpi，大小不低于100万像素。最好是在单色背景下的简单的产品实物照片。
3、请提供能查阅产品更多信息的网址。
4、写清负责答复读者咨询的人员的姓名和联系方式。
5、写清能提供进一步信息的人的姓名、电话、e-mail。
6、本刊有权决定稿件录用与否。编辑部有权修改稿件。
7、本刊收到的稿件会在最近的一期发表，时间最长会延迟2个月。当提供对时间敏感的信息时，请注意预计发表的时间。
8、出版日期前5天截稿。

请将您的新闻或文章E-mail至庞会荣女士 Rossie Pang, E-mail:rossiep@actintl.com.hk,电话：13641292731

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

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
Paul Andrews
pandrews@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)
Floyd Chun (秦泽峰)
floydc@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 8573 / 2598 8567

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
Floyd Chun (秦泽峰)
floydc@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



国际授权翻译
国内发行高新科技杂志

8本杂志免费送一年
（6期/印刷版）

包揽全年行业资讯

ACT

www.actintl.com.cn

免费订阅　　ACT视频号　　ACT公众号

雅时国际商讯（ACT International）成立于1998年，为高速增长的中国市场中广大高技术行业服务。ACT通过它的一系列产品－包括杂志和网上出版物、培训、会议和活动－为跨国公司及中国企业架设了拓展中国市场的桥梁。 ACT的产品包括多种技术杂志和相关的网站，以及各种技术会议，服务于机器视觉设计、电子制造、激光/光电子、射频/微波、化合物半导体、半导体制造、洁净及污染控制等领域的约二十多万专业读者及与会者。

LaserFocusCon
激光聚会2022

激光技术聚焦峰会

激光技术
助力制造业精益求精

中国制造业的制造方式正在从传统的劳动密集型向更高水平的自动化、智能化、甚至无人化的方式转变。在这种深度转型升级的过程中，中国制造也在逐渐摆脱“低端制造”的标签，高端精密加工已经成为了中国制造业发展的一个重要方向。随着激光技术的发展，更短的脉冲作用时间、更高的激光能量，使得对更广泛材料的各种精密加工成为可能，激光技术在高端精密加工中发挥着越来越重要的作用。

为了进一步探讨激光技术在工业制造领域的各种精密加工应用，雅时国际商讯（ACT International）旗下《激光世界》杂志将于 2022 年举办多主题、多形式的研讨会，欢迎对感兴趣的业内同仁们积极参与。

6月21日 · 线上会议
激光技术助力非金属加工

大会主题（拟定）

- CO^2 激光器的非金属加工应用
- 电路板 / 柔性电路板的精密加工
- 激光塑料焊接
- 玻璃 / 蓝宝石切割、钻孔加工
- 玻璃焊接
- 半导体晶圆的划片、打标、钻孔等加工
- 钙钛矿、亚力克（有机玻璃）、陶瓷等非金属材料加工

8月30日 · 苏州线下大会
激光技术在半导体制造中的应用

大会主题（拟定）

- 紫外激光在晶圆划片中的应用
- 超快激光用于晶圆的精密切割
- 准分子激光在半导体光刻及退火中的应用
- 激光精密打标用于半导体芯片及器件的标识
- 激光技术在钻通孔中的应用
- 激光技术用于半导体晶圆清洗
- 其他相关主题

会议咨询

如您感兴趣，可添加“小镭助手”
微信号“LFC-RA”咨询报名

小镭助手微信

主办单位

ACT 雅时国际商讯 ACT International

大会媒体

激光世界 LaserFocusWorld China

LaserFocusCon