光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2023年3/4月 第2期
ISSN: 1817-6917

激光世界
LaserFocusWorld® China



荷兰光刻专家解读高次谐波产生的那些事儿 22

OCT在检测和计量方面的新应用 16
多功能多面镜扫描系统及应用 19
紫外飞秒激光切割OLED智能手机显示屏 25
激光精密切割促进电池创新 27

ACT
ENDEAVOR BUSINESS MEDIA

微信公众号

4月26日-28日

2023第22届西部光电博览会

激光材料.激光器.激光制造及激光应用博览会

西部
全产业链
激光盛会

创新驱动
光耀世界

成都 中国

挺进成渝双城大经济圈请从这里开始……

配套活动

1. 中国西部激光技术及市场应用创新论坛
2. 中国西部激光技术在3C领域的创新应用一体化论坛
3. 中国西部激光技术在新基建热潮中的机遇与挑战论坛
4. 中国西部激光材料技术创新应用研讨会

电　　话：18584594618　19802738028
邮　　箱：2567508422@qq.com
激光专网：www.ccwpelaser.com
光博会总网：www.CCWPE.com

微信公众号

2023年4月26-28日　成都世纪城新国际会展中心（主城馆）

光学引领未来™



最新 光学及光子学产品目录!

Edmund Optics 2023 新版《光学及光子学产品目录和资源指南》 正式发布 – 作为 EO 旗舰版产品手册， 460 页的篇幅涵盖了各类光学和光机元件的详细信息。对任何从事光学行业的人来说，此手册都是不可或缺的工具之一。

立刻申请免费邮寄
或查看/下载电子版!

扫码获取技术与工程在线支持

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

Edmund optics | china

如需了解更多信息，请访问
www.edmundoptics.cn/033-8611



22 封面故事

HHG

荷兰纳米光刻专家解读关于高次谐波产生的那些事儿

领导荷兰纳米光刻高级研究中心极紫外生成小组的Stefan Witte，介绍高次谐波产生的条件、挑战和高次谐波的应用。

访谈

8 确保公司随时改变，以“解决未来的问题”为使命



——PI公司首席执行官Markus Spanner访谈录

PI公司CEO Markus Spanner分享了他带领公司发展的经历，以及对企业家精神、公司文化和制造业未来的思考。

11 市场观察

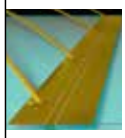


通信、汽车激光雷达、医疗诊断是PIC的重要应用市场

随着PIC技术的发展，其将在通信、汽车激光雷达、医疗诊断等一些重要市场迎来潜力巨大的应用前景。

技术中心

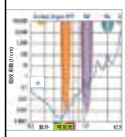
12 集成光子学



集成有源和无源器件的太赫兹光子电路

新型平台集成了太赫兹光子学与平面低损耗聚合物，使信号能通过无源器件传播，并实现了相干源集成用于宽带传感和电信应用。

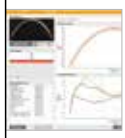
14 2μm激光器



适合医疗应用的2μm激光器

2μm激光器比以往任何时候都更加稳定、高效、具有经济效益且易于使用，进而促进了更多的医疗和外科应用。

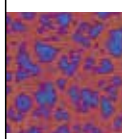
16 OCT



OCT成像技术在检测和计量方面的新应用

光学相干层析成像（OCT）正在从生物医学应用领域扩展到生产线应用，为工业生产提供便利。

19 多面镜扫描



多功能多面镜扫描系统及其应用

基于多面镜扫描技术的光束引导系统，在光束偏转速度和精度方面均达到新水平，实现了更广泛的钻孔、切割、雕刻及表面处理等应用。

工业应用专栏

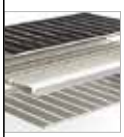
25 UV飞秒加工



紫外飞秒激光切割OLED智能手机显示屏

将飞秒级超短脉冲宽度和较短的紫外波长相结合，实现了智能手机OLED显示屏的高质量、高速度精密切割。

27 激光切割



激光精密切割促进电池创新

随着全球汽车市场继续向电气化动力模式发展，更好的生产工艺流程变得至关重要。

29 飞秒加工



飞秒激光实现医用支架高精度切割

医疗可植入式支架的制造精度要求极为严苛，激光切割，特别是飞秒激光切割是最理想的加工工具。

31 烟雾排放



与激光加工烟雾排放相关的职业健康与安全

Eurolaser Polska为其CO_2激光加工系统配备了空气净化技术，使生产车间保持空气清洁；保护人工和设备安全，节省成本。

产品特写

33 Photonics West 2023展会上亮相的最新激光器产品

4 编者的话
5 前沿简讯
37 产品撷英
40 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



22 COVER STORY

HHG

High-harmonic generation: A tutorial with Stefan Witte

Stefan Witte leads the Extreme Ultraviolet Generation group at the Advanced Research Center for Nanolithography in the Netherlands, and unpacks high-harmonic generation in this Q & A tutorial for us.

MARKET WATCH

11 **Communications, Automotive LiDAR and Point-of-Care are important application markets for PIC**

With the development of PIC technologies, it will usher in significant applications in markets such as communications, automotive LiDAR, medical diagnosis and so on.

TECHNOLOGIES CENTER

12 Integrated Photonics

Terahertz photonic circuits possible with active and passive components

A novel platform integrates terahertz photonics with planarized low-loss polymers—enabling signal propagation with passive elements and coherent source integration for broadband sensing and telecommunications.

14 2μm Lasers

Medical applications are a surgical fit for 2μm lasers

Lasers in this wavelength range have become more stable, efficient, cost-effective, and simple to use than ever before, prompting increased incorporation into medical and surgical applications.

16 OCT

New targets for OCT in inspection and metrology

Optical coherence tomography (OCT) is moving beyond the biomedical realm and offers advantages on the production line.

19 Polygon Scanner

Understanding applications of a multifunction tool polygon scanner

A beam guidance system based on polygon scan technology reaches new levels of beam deflection in terms of speed and precision, while enabling applications including drilling, cutting, engraving, and area treatment processes.

INTERVIEWS

8 **Ensure that the company changes all the time, with the mission of "solve problems of the future"**

——Interview with Markus Spanner, CEO of Physik Instrumente

INDUSTRIAL APPLICATIONS COLUMN

25 UV Femtosecond Processing

Cutting OLED smartphone displays with a UV femtosecond laser

The combination of femtosecond ultrashort pulse width and shorter UV wavelength enables high-quality, high-speed and high precision cutting of OLED smartphone displays.

27 Laser Cutting

Laser processing precision enables battery innovations

Better production processes are crucial as the global market continues to move towards an electrified transportation model.

29 Femtosecond Processing

Cutting medical stents with high precision using femtosecond laser

Laser cutting, especially femtosecond laser cutting, is the most ideal processing tool for high precision medical implantable stents manufacturing.

31 Fume Extraction

Occupational health and safety fume extraction during laser processing

Eurolaser Polska has equipped its CO_2 laser processing system with air-cleaning technology to keep the air in the production workshop clean and protect labor and equipment safety and save costs.

FEATURED PRODUCTS

33 New lasers showcased at Photonics West 2023

4 EDITOR'S NOTES

5 LEADING EDGE SNAPSHOTS

37 PRODUCTS HIGHLIGHTS

40 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.

短波长 / 超快激光器的工业应用继续增多

随着精密制造的要求不断提升、应用种类不断增多以及对生产效率的高要求，超快高功率激光器、短波长激光器以及短波长超快激光器产品，开始登上工业应用的大舞台，面向工业应用的这类激光器产品不断出现。

在 2023 年的 Photonic West 展会上，IPG Photonics 展示了用于微加工应用的三款深紫外光纤激光器；Coherent 高意展示了平均输出功率 10W 的工业级深紫外皮秒激光器，以及工业级红外飞秒激光器；Fluence Technologies 公司展示了工业级红外飞秒激光器（p33）。

将短波长与超短脉冲相结合的紫外飞秒激光器，可以说是当今激光精密加工发展的重要前沿之一。紫外光在大多数材料中具有很好的吸收性，加上飞秒脉冲实现的冷加工，若再搭配上高功率，无疑是奔向了激光精密加工的天花板。MKS Instruments 公司已经能提供功率大于 50W 的工业级紫外飞秒激光器，并且其在用于智能手机 OLED 显示屏的切割应用中，展示了优异的切割质量和较高的切割速度（p25）。

在医疗领域，用于治疗的可植入性支架（如心血管支架）的制造，也是飞秒激光的一个重要应用领域。随着生物可吸收性支架的增多，飞秒激光在加工镍钛合金支架、聚乳酸（PLA）聚合物支架方面，都获得了非常好的加工效果（p29）。此外，法国的一个研究小组还报道了用飞秒激光在玻璃上钻出了光滑、无锥度的细长孔；另外还有公司报道了使用飞秒激光实现了大面积表面纹理的快速精细加工（p5）。

本期的封面故事中，Laser Focus World 杂志采访了荷兰纳米光刻高级研究中心的领导者 Stefan Witte，请他分享了关于高次谐波产生的条件、面临的挑战及其应用潜力等内容。高次谐波产生的极紫外波长，可以实现纳米级成像，这对于研究集成电路内部的纳米结构非常有帮助；另外，高次谐波产生实现的阿秒物理学，也为观察快速现象提供了有效方法（p22）。

随着处理数据量的增多、对处理速度的要求越来越快，光子芯片正悄然兴起。目前，光子芯片的最大应用市场是通信领域，未来其将在汽车激光雷达、医疗诊断、智慧工厂、智慧城市、能源与环境、农业等市场迎来潜力巨大的应用前景（p11）。

本期内容中，还包括了太赫兹光子电路（p12）、面向医疗应用的 2μm 激光器（p14）、OCT 成像技术在检测和计量方面的新应用（p16）、能够大幅提升加工速度的多面镜激光束扫描系统（p19），以及与激光加工烟雾排放相关的职业健康与安全方面的知识（p31），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
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
© 2023 版权所有 翻印必究

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

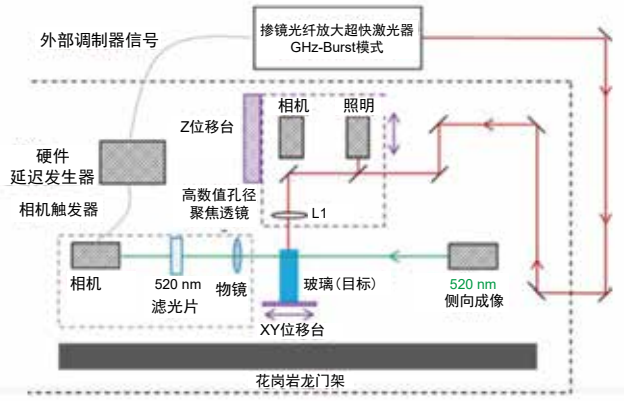
飞秒激光在玻璃上钻取光滑无锥度的细长孔

法国波尔多大学强激光与应用研究所（CELIA）的研究小组，探索了一种使用飞秒激光进行玻璃微钻孔的新方法。

研究团队使用 Amplitude 公司的飞秒激光器（激光器工作在千兆赫兹脉冲串（GHz-burst）模式下）研究了一种新型玻璃微加工方法，这种方法可以钻取无锥度的细长孔，孔的内壁光滑，并且玻璃上没有任何裂纹。

通常，用标准单飞秒脉冲进行激光钻孔，会产生长度非常有限且内壁粗糙的锥形孔。然而，这种新的激光 - 物质相互作用方法，能够一步直接钻取高深径比的微孔，无需任何化学蚀刻。激光脉冲参数的选择，对于获得优质微加工结构而言至关重要，GHz-Burst 可以为微电子行业等新应用领域铺平道路，而在微电子行业中，硅中介层很有可能被玻璃中介层取代。

Amplitude 针对其飞秒激光器推出最新的 GHz-Burst 配置。该配置的设计将优质、高效的 400fs 加工脉冲（单飞秒脉冲）巨大的脉冲能量（mJ）以及经过优化的单脉冲能量（μJ）相结合；可以自由调整每次触发脉冲串中的子脉冲数量（30s~1000s 子脉冲数量）；可以自由调整脉冲重复频率（kHz~2MHz）。据悉，GHz-Burst 配置专为工业应用而设计，特别适用于冲击式玻璃钻孔、金属材料表面纹理加工、高效硅晶圆划片以及金属表面处理等应用。❑



使用飞秒激光实现高速表面纹理加工

耶在过去的十年中，使用超快激光进行大面积的表面功能化加工越来越流行。由于金属纹理化加工所需要的最佳脉冲能量较低，因此使用激光器的全功率具有一定的挑战性。光束整形可以在一定程度上提高飞秒激光表面结构化加工的吞吐量。



FluenceTechnology 公司与 PowerPhotonic 公司合作，使用礼帽光束整形器在表面纳米图案化（LIPSS）加工方面，展示了创纪录的生产力。他们仅使用 18W 的平均功率，在钢表面上加工 <1μm 的纳米波纹结构，获得了 408cm2/min 的加工速度。加工效率高达 22.8cm^2/W*min，是其他基于多面扫描仪或多光束 DOE 所报告的效率的两倍多。使用 FluenceTechnology 公司的工业级 60W Jasper 光纤激光器提供的 100μJ 脉冲能量，加工效率可以提高到 >1300cm^2/min，并且在不到 8 分钟的时间内加工面积接近 1m^2。❑

用于车载激光雷达的 940nm 耐高温 105℃芯片与光纤耦合泵浦模块

度亘核芯成功开发用于车载激光雷达的 940nm 耐高温半导体激光芯片和光纤耦合泵浦模块，并通过了严格的性能与可靠性测试，正式推出具有小体积、高抗反、耐高温、耐低温、符合车规要求的 940nm 光纤耦合泵浦模块。



图1：用于车载激光雷达的高性能940nm光纤耦合泵浦模块。

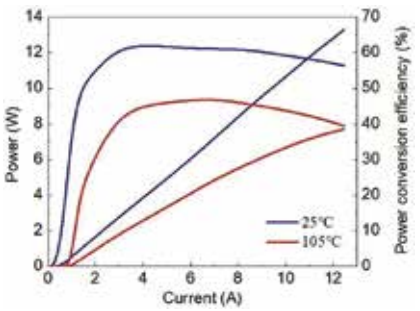


图2：940nm光纤耦合泵浦模块的典型光电特性曲线（25℃ & 105℃）。

在车载激光雷达工作波长的选择方面，相对于 905nm 等波长，1550nm 波长的人眼安全阈值更高，可以发射更高的激光功率以达到更高的测距灵敏度；并且该波长远离太阳红外背景光，因此具有较高的抗干扰能力，能够实现更远距离的传感探测。1550nm 的光纤激光器作为激光雷达光源已逐渐成为无人驾驶、车辆安全预警、测距、测风等激光雷达的重要技术方案之一，是目前激光雷达领域的技术热点。

目前，940nm 光纤耦合模块泵浦 1550nm 光纤激光器的方案，是实现 1550nm 激光雷达应用的主要技术途径，能够充分满足激光雷达对高峰值功率、短脉冲、高光束质量的要求。

技术难点

首先，要求芯片能在极高温度下正常工作。要求 940nm 半导体激光芯片有极好的温度特性，能够实现≥ 105℃高温环境下的高功率稳定可靠工作。

其次，要求车规级可靠性。满足车规对感知元件的性能和安全要求，对产品的设计和工艺具有极高要求。

最后，要能适应严苛的环境。由于车载环境的复杂性，产品需在苛刻的震动冲击、高低温环境下稳定工作。

开发成果

度亘核芯基于自身全链条的芯片研发与生产平台，围绕性能及可靠性难点问题进行攻关，成功开发了高性能 940nm 半导体激光芯片。并且针对车规级应用需求，进行了光纤耦合模块的设计优化，25℃下，12A 输出功率大于 12W，10W 功率下耦合模块的电光转换效率高达 60%，在极高温度 105℃环境条件下，仍然可以稳定实现高于 7W 的功率输出。

在可靠性方面，该激光泵浦模块经过了 20G 加速度、20~2000Hz 频率的机械振动测试，同时经过了 500G 加速度的机械冲击测试。测试后模块无松动变形等现象，并且振动冲击前后工作电流 Iop 变化均值仅为 1.2%，完全能满足应用的可靠性需求。

在环境适应性方面，该泵浦模块具有良好的耐高温、耐低温特性。在 -40~110℃的 500 次高低温循环测试中，工作电流 Iop 变化率均值为 -0.2%。模块在极端温度 -60℃及 105℃温度下测试的波长分别为 915.3nm、972.6nm，完全处于 1550nm 激光雷达系统的有源光纤离子吸收窗口内，可确保激光雷达系统在大温度范围的苛刻环境下正常工作，具有极强的温度适用性。

针对车规级 1550nm 激光雷达应用的 940nm 泵浦模块需求，度亘核芯自主开发了高性能及高可靠性的 940nm 半导体激光芯片及光纤耦合模块。25℃、12A 下模块输出功率高于 12W，105℃环境温度下，模块输出功率高于 7W，各项指标均满足车规级应用要求。度亘核芯在工艺过程控制、可靠性验证等环节建立了完善的质量管理体系，具备车规级 940nm 泵浦模块的批量生产和供货能力。❑

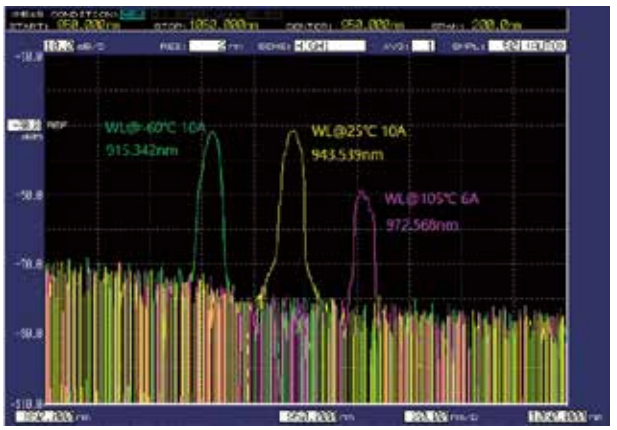


图3：不同温度下(-60℃、25℃、105℃)的光纤耦合模块光谱测试曲线。

长光华芯高功率激光单管芯片功率突破 66W

高功率高亮度半导体激光芯片是激光产业链的基石与源头，激光芯片的功率、亮度、可靠性作为核心指标，直接影响激光系统的性能、体积与成本，是实现激光系统小型化、轻量化、智能化的前提和保证。长光华芯致力于更高功率、更高亮度单管芯片的研发与生产，日前单管芯片功率突破性的达到了 66W。

早在 2023 年 1 月，在美国 Photonics West 2023 会议上，长光华芯就首次报道了在亮度保持不变的条件下（芯片条宽 230μm），将芯片出光功率从 32W 提升到 40W，提升幅度达 20%，最大功率超过 51W。该芯片的功率亮度性能，是目前 230μm 条宽下高功率激光芯片已知报道的最高水平。

2023 年 2 月，基于在 Photonics West 2023 会议上报道的芯片技术，长光华芯又推出了最大功率超过 66 W 的单管芯片（热沉温度为室温），芯片条宽 290μm，最大效率超过 70%，工作效率超过 63%，这是迄今已知报道的条宽在 400μm 以下的高功率激光芯片的最高水平。❑

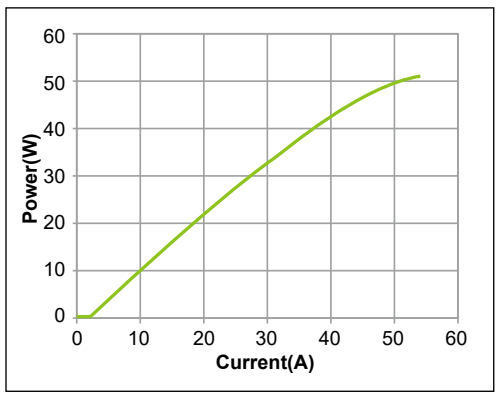


图1：230μm发光宽度芯片的功率曲线。

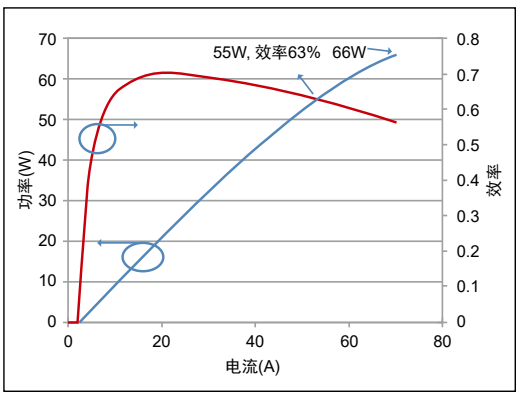


图2：290μm发光宽度芯片的功率效率曲线。

医学、航空航天的研发、增材制造
材料加工、光通讯、科学研究

Medical
Air & Space
Research & Development
Additive Manufacturing
Materials Processing
Fiber Optics
Science

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®

确保公司随时改变，以“解决未来的问题”为使命

——PI公司首席执行官Markus Spanner访谈录

PI公司CEO Markus Spanner分享了他带领公司发展的经历，以及对企业家精神、公司文化和制造业未来的思考。



Markus Spanner，PI公司CEO

文/Jose Pozo，Ana Fowler

Physik Instrumente（PI）是一家私人控股公司，在北美、欧洲和亚洲设有办公点，主要致力于设计和制造先进的精密运动和自动化系统，包括空气轴承、六轴平台和压电驱动器等。

PI 公司拥有 50 多年的历史，目前在全球拥有 1400 多名员工。在最近的一次访谈中，Optica 公司首席技术官 Jose Pozo 与 PI 公司首席执行官 Markus Spanner，谈论了他接管父亲的公司、并带领公司度过全球危机的经历，表达了他对于企业家精神、公司文化和制造业未来的思考。

早期职业生涯

Markus 的职业生涯始于澳大利亚的邦德大学，该大学位于黄金海岸，靠近冲浪者天堂。他开玩笑说，如果将这两个描述放在一起，人们可能会认为我在那里“除了幸福的生活、享受和学习之外，什么都没有”事实上，Markus 在邦德大学获得了国际商务硕士学位。

Markus 认为，他的教育最有价值的方面是位于文化差异的“熔炉”中。澳大利亚的大学吸引了来自全球各地的人们前来求学。他在邦德大学期间，不仅仅是学习了工商管理和国际商务知识。

在进入邦德大学之前，他已经对多元文化非常熟悉，并在很长一段时间后将其作为自己的重点。Markus 在美国度过了高中的性格形成期，随后去澳大利亚求学三年。

Markus 也受到了访问日本的启发，在那里他花了一年时间沉浸在日本文化中并学习语言。在 PI 担任董事总经理兼首席财务官的早期职业生涯中，他在办公室的时间不到半年。相反，他去了不同的国家，去参加会议 / 展览，并且会见了众多潜在客户。

家庭关系

PI 公司成立于 1970 年，其历史比当今光学和光子学行业的很多技术都要古老。1977 年，Markus 的父亲 Karl Spanner 刚刚完成博士学位，便在 PI 公司开始了他的第一份工作。上班的第一天，一位女士就问 Karl：“Spanner 先生，你想先听到好消息，还是先听坏消息？”

Karl 回答说：“让我们先处理糟糕的事情吧。”这位女士说：“我丈夫一周前在网球场死于心脏病发作。好消息是你是公司唯一的员工。好好享受，好好打理公司，玩得开心！”

一开始，Karl 经历了一段艰难时期，他被扔进了一家他知之甚少的公司。他需要花时间熟悉课题、活动、客户和整个行业。

但是 Karl 领导了 PI 公司长达 43 年，直到 2020 年。在任期间，Karl 变革了他的公司和产品。现在，PI 是全球精密运动控制、纳米定位和运动工具的市场领导者，是实现高精密制造自动化的推动者，其业务遍布医疗、汽车、太空、生物技术等众多领域。

对于 Markus 来说，加入当时已有 37 年历史的 PI 公司，是一次“完全不同的经历”。他的父亲为儿子留下了一双大鞋。作为这样一位优秀领导者的儿子，意味着 Markus 有很多事情要向他的同事证明。他明白自己必须更加努力地工作，才能赢得员工的认可。

Markus 指出，“一开始很难”，但是他证明了自己有能力和奉献精神。2007 年处于电信泡沫破灭后的阶段，整个光学和光子学行业都处于复苏模式。该行业看到了下一代传感器技术的新机遇。Markus 于 2007 年加入 PI 时，该公司最大的市场是半导体行业，这也是 PI 当时的主要焦点。但是，这使公司很容易受到半导体行

业周期性的影响。

后来，PI 扩展到不同的市场和应用，以减弱半导体市场繁荣和萧条的影响。半导体市场是一个由国际关系和制造业趋势决定的行业。PI 将业务扩展到了显微镜、生命科学和光子学应用等新领域，这帮助公司蓬勃发展，让公司的成功不再依赖单一的应用或市场。

在过去的15年中，你在PI经历了哪些决定性的时刻？

2008/2009 年金融危机期间，PI 采取了不同寻常的策略，没有解雇任何员工。面对全球经济崩溃，当其他公司为了削减成本而大量解雇员工时，PI 保留了所有员工，这显示了 Markus 在动荡时期的强大和领导能力。即使在 14 年后，员工们仍然对 Markus 心存感激。这也对 Markus 从员工转变为领导者的职业发展产生了重要影响。

2017/2018 年，PI 决定改变其组织结构，以应对光学和光子学行业快速变化的发展环境。通过在结构上改变公司，PI 能调整雇员文化和实施新流程，以满足行业需求，做到让客户满意。

2020 年 1 月 1 日，Markus 从他父亲手中接过 CEO 一职。但是兴奋感和自豪感是短暂的：在他接管公司 20 天后，新冠疫情开始席卷全球。

2020 年 4 月，疫情全面爆发。Markus 不仅要帮助公司度过一次整个公司范围的大转型，还要帮助公司度过一场全球健康危机。他以同理心和强大的领导力做到了这一点。

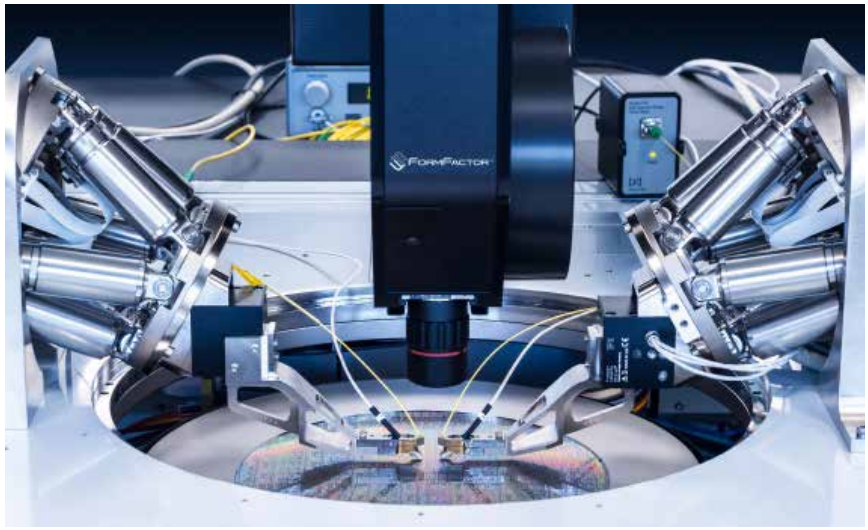
这三次重大事件显示了一个共同点：PI 公司对员工的感激和尊重。PI 公司的墙上挂满了在公司工作超过 20 年的员工代表。

PI如何靠软件塑造公司的未来？

从历史上看，PI 专注于提供自动化和精密技术方面的硬件解决方案。然而，近年来，该公司将重点转移到“为客户提供自动化和重新配置工具的软件解决方案”上，这是 Markus 的首席战略官 Stephan Bussa 的建议。

他的“软件将出售硬件”哲学，启发了 Markus 扩大公司的投资组合和客户群。这些投资也使客户成为 PI 工具的联合开发者。





PI如何应对供应链中断问题？

每家公司都受到了供应链中断的影响。Markus 指出，从本质上讲，供应链问题是普遍存在的，这不仅仅是由于缺失单一组件。公司的需求大幅增长，这意味着测试和测量设备必须安全到位，才能将产品提供给客户。

解决方案提供商需要“空间、人员和投资”。在过去的两年中，Markus 专注于建立公司的所有这些方面，包括组建一个国际供应链团队，致力于寻找供应商的第二和第三来源。

可持续性是PI前进战略的一部分吗？

PI 正在以直接和间接的方式，为可持续的未来做出贡献。PI 策略的一个重要部分是光子学。Markus 指出，当今许多行业消耗大量能源来维护、运行和冷却系统，但光子学可以彻底改变这种情况。这些努力更为间接，因为光子学技术往往是推动和支持一个行业走向可持续发展。

PI越来越多地参与医疗行业

几十年来，PI 一直对医疗行业感兴趣，但医疗市场直到新冠疫情的爆发才开始蓬勃发展。对医疗技术和应用需求的不断增加，如测试、医疗器械和医院设备，使得 PI 能够进入这些新兴市场，并扩大其服务和产品组合。

Markus 对医疗领域的业务规划，远不止新冠疫情相关的周边业务。对测试需求的可能性是无限的。例如，血液检测和家庭健康监测。

随着手术等操作正变得越来越精确，PI 还准备满足医院设备市场日益增长的需求。医院将需要工具和软件来实现这些复杂的手术。因此，PI 希望为这个新兴市场提供精确的解决方案和应用。

医疗行业是一个蓬勃发展的市场，PI 拥有满足客户和供应商需求的技术和基础设施。

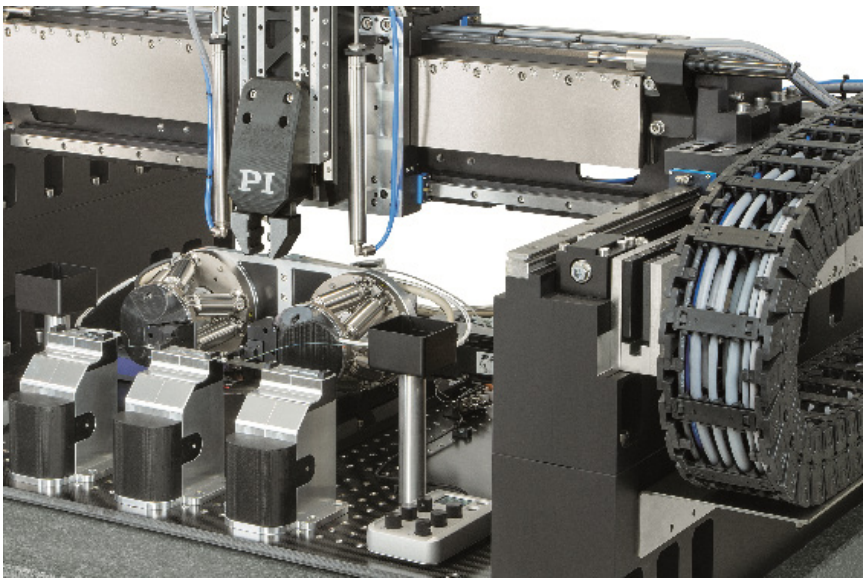
PI如何成为未来3D打印的推动者？

Markus 表示，3D 打印在其他行业要比在光学和光子学领域先进得多。他认为，3D 打印能够帮助他们的客户采用更快、更定制化的解决方案。“这是我们行业必须绝对遵循的趋势。”他补充道。

Markus 正在为 3D 打印的未来进行重大思考，在未来，医疗和 3D 打印行业将在精确解决方案方面进行合作，例如制造 3D 打印的身体部位。3D 打印在过去的五年中取得了长足进步，想象一下未来五年可能会发生什么。

PI的使命是什么？

PI 的使命是“解决未来的问题，使客户能够在其领域实现面向未来的



技术和解决方案”。Markus 的愿景是，希望 PI 能帮助客户突破技术开发的边界，创造更光明的未来。

Markus 说，他的个人梦想是“确保公司能够随时改变。世界正在迅速变化。如果 PI 被迫停止改变或调整，那么它将不再具有竞争力。”

Spanner 提倡“不断质疑”的哲学，以成为市场领导者。他说：“这是持续发展和拥有快乐、满意的客户的根本。”

“我的梦想是，15 年后我们将拥有一家与今天截然不同的公司。15 年还很遥远，届时将会出现许多新事物，这意味着公司将看起来与众不同。”

给年轻一代的建议

Markus 说，他希望年轻一代“坚强而有野心，能够做出决策并承担风险，具有企业家的素质。你不可能总是赢，经历了失败后可以重新振作起来。我希望年轻一辈能够拥有这种韧性。”❑

热刺激光温岭超级工厂正式投产

2023 年 3 月 17 日，热刺激光温岭超级工厂投产仪式在浙江热刺超级工厂隆重举行，此举代表了热刺激光发展历程中又一个重要里程碑。

2018 年，热刺激光在浙江温岭兴建面积逾 2 万平米的热刺激光产业园，总投资额近 15 亿元人民币，投产后可将现有产能扩大 10 倍，并可实现激光器全产业链可控。

在本次投产仪式上，来宾了解到了热刺激光超级工厂在激光器产业链方面的全、高、新等优势，全方位见证热刺激光温岭超级工厂高起点、高规格的布局规划。热刺激光超级工厂建立了国内第一条光纤激光器自动化产线，并将积极拥抱智能制造浪潮，引入更多的自动化产线。

在投产仪式上，热刺激光与浙江工业大学、邦德激光、浦发银行宁波分行分别达成了战略合作。活动当日，还举办了“中国 · 温岭激光装备发展高峰论坛”。

通信、汽车激光雷达、医疗诊断是PIC的重要应用市场

文/LFWC

尽管目前使用的大多数芯片本质上还都是电子芯片，但另一种芯片正在悄然兴起。市场研究公司 IDTechEx 在其最新的《半导体光子集成电路 2023-2033》报告中，详细分析了光子芯片系统（其使用光来传输信号，而不是使用电传输信号），考察了光子芯片方面的技术能力、参与光子集成电路（PIC）设计和制造的主要企业，以及 PIC 可能的应用市场。

报告显示，PIC 最重要的应用市场是通信行业，就产生的收入而言，目前通信市场的规模与其他所有应用市场的规模总和相当。然而，尽管通信行业是光子芯片系统持续发展的主要驱动力，但 IDTechEx 也指出，随着 PIC 技术的发展和 PIC 产品逐渐进入商业市场，一些其他市场也为硅光子芯片提供了潜力巨大的应用前景。



图1：IDTechEx在其最新报告《半导体光子集成电路2023-2033》中，分析了PIC的潜在应用市场。（图片来源：IDTechEx）

汽车激光雷达应用

LiDAR(激光雷达,光探测和测距)已经存在了一段时间，第一个原型是在 20 世纪 60 年代建造的，但直到最近，硅光子学才成为汽车 LiDAR 系统的一个有吸引力的平台。

区分 LiDAR 系统的一种方法是通过它们所使用的光束转向技术，有机械的、微机电的（MEMS）、闪光灯、光学相位阵列（OPA）或是某种特定组合（例如与硅光子学集成的 MEMS）。OPA LiDAR 是全球开发的最常见的扫描固态技术，最成熟的公司 Quantergy 使用近红外（NIR）激光源和飞行时间（ToF）进行测量。短波红外（SWIR）和调频连续波（FMCW）检测带来的性能和传感能力的改进，对许多公司开发 LiDAR 系统足够有吸引力。FMCW 检测尤其重要，因为这种检测方法（出射光束的频率随时间变化，这是一种被称为“啁啾”的技术）可以通过多普勒频移准确分析障碍物的速度。除了 LiDAR 实现的典型三维传感（通过飞行时间测量确定障碍物的空间位置）外，FMCW 检测还实现了有效的 4D 映射，这是自动驾驶汽车的一项关键技术。考虑到这一点，以及将这种 LiDAR 系统缩小到芯片级的能力，使得 PIC 在汽车 LiDAR 市场上占据了独特地位。

IDTechEx 在报告中指出，2025 年至 2033 年间，预计 PIC 在汽车 LiDAR 市场的复合年均增长率（CAGR），将超过同期 PIC 在通信市场的复合年均增长率。

医疗诊断应用

集成光传输、接收和分析的小型模块化系统，将对于诊所和医院的现场诊断尤其有用。IDTechEx 认为，在未来十年内，PIC 可能会在这一领域得到显著应用。PIC 将有望使医疗设备更加节省空间并且更易于使用。尽管如此，PIC 在医疗诊断领域的应用依然面临着许多重大挑战，例如 PIC 要能以类似的价格与现有技术相匹配。

虽然 PIC 的重要性已经在通信行业得到了证明，但在其他市场，与现有技术相比，采用 PIC 的容易性和成本方面依然存在问题。IDTechEx 的报告中，也给出了 PIC 技术在接下来的发展中所面临的主要挑战和机遇。❑

集成光子学

集成有源和无源器件的太赫兹光子电路

新型平台集成了太赫兹光子学与平面低损耗聚合物，使信号能通过无源器件传播，并实现了相干源集成用于宽带传感和电信应用。

文/Sally Cole Johnson

最近，苏黎世理工学院（ETH Zurich）量子电子学研究所的研究人员，在 Giacomo Scalari 教授和 Urban Senica 博士的带领下，开发出了一种集成光子平台，从而能够制造集成有源和无源器件（如相干梳状源、无源波导、反射器、输出耦合器、振幅和相位控制元件等）的复杂太赫兹光子电路（见图 1）。

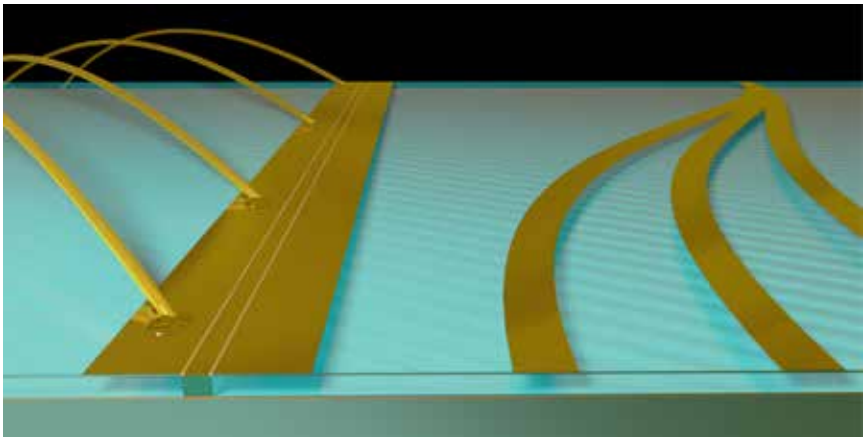


图1：嵌入低损耗聚合物（BCB）内的平面化波导平台示意图，有源（左）和无源（右）波导共同集成在同一个光子芯片上。

集成中红外和太赫兹光子学对于通信和传感应用而言非常重要，其中一个很有前景的集成光源就是太赫兹量子级联激光器。

太赫兹量子级联激光器在高温操作、灵活性、以及作为频率梳和高速检测器的可行性等方面所取得的最新进展，使其成为太赫兹光子学的理想构建块。

“我们所说的太赫兹工作频率通常在 3THz 左右，介于可见光与微波频率之间。”Senica 说，“这使我们能够借用电磁波谱各个部分的概念，并扩展到我们的器件中。对于这个平台，我们受到了集成硅光子学的启发，可以将各种元器件集成在同一个光子芯片上。这个平台所能实现的多功能性，意味着现在真正限制我们的，只有我们的想象力。”

太赫兹量子级联激光器通常是在由分子束外延生长的晶圆上制造的。在洁净室内经过复杂的制造程序后，单个激光器（通常是由活性材料组成的简单脊形波导）被生产出来。Senica 说，“这些都是出色的紧凑型相干太赫兹辐射源，但通常需要与更加复杂的外部元件和设置结合使用。”

平面化双金属波导和低损耗聚合物

该研究团队开发了一种高性能平面双金属波导，顶部具有扩展的金属包层。研究人员在有源波导的两侧使用低损耗聚合物（苯并环丁烯，BCB），改善了他们制造的光子芯片的性能并扩展了其功能，形成与其他复杂的集成光子学平台类似的平面化几何形状。

研究人员将键合线放置在无源、BCB 覆盖区域的顶部金属包层上，避免在有源区顶部形成缺陷或局部热点（见图 2）。因此，可以制造非常窄的波导。窄波导可以用作横向激光模式的有效选择机制，也有利于散热和高温连续波操作。扩展的触点使热流横向移动，从而提高了平面化器件的最高工作温度。

Senica 说，“除了在几个关键指标上提高激光性能外，它还允许我们在同一个光子芯片上集成有源和无源波导器件。”

最初，研究团队惊讶于他们新的平面化几何结构对改善激光和频率梳

性能的影响之大——它显著改善了色散、射频和热性能。

就所涉及的挑战而言，Senica 指出，“新的制造工艺涉及相当多的新步骤，复杂性增加，因此优化每个工艺步骤对最终优异性能的获得至关重要。”

最后一个挑战是太赫兹量子级联激光器的工作温度普遍较低，该团队工作中使用的器件基本工作在液氮温度（77K 及以上）。“但是我们研究的领域正在迅速发展，比如最近在热电冷却器上演示了太赫兹量子级联激光器件，所以我们希望太赫兹量子级联激光器能在室温下工作的日子不会太遥远。”Senica 说。

就应用而言，该团队研究的太赫兹量子级联激光器有望用于相干通信、光谱学、传感和成像等领域。

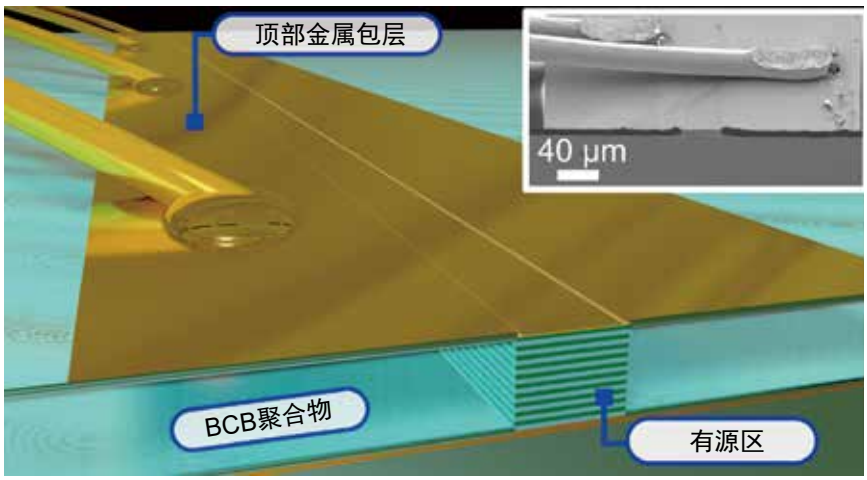


图2：低损耗BCB聚合物中嵌入激光波导的有源器件示意图，顶部覆盖着扩展的金属包层。插图为器件的电子显微镜图像（SEM），该器件具有更好的色散、射频和热性能。

在第一次演示中，该研究团队重点展示了集成太赫兹光子学平台的基本功能和优势。“我们目前正在研究几种使用平面波导几何结构的新器件，这些器件将为太赫兹频率带来新的概念和功能，”Senica 说，“我们非常期待与更广泛的光子学领域分享我们的新成果。”❑

安特 Ante

高速紫外钻孔专用远心场镜

广泛应用于电路板，芯片，激光剥离及各类材料微纳加工等应用

- 100%德国制造
- 355nm高功率紫外激光应用
- 100mm焦距下实现35 x 35mm幅面范围加工
- 聚焦光斑均匀性极佳



广州安特激光技术有限公司
咨询热线：400-666-8955
www.antelaser.com

2μm激光器

适合医疗应用的 2μm 激光器

2μm激光器比以往任何时候都更加稳定、高效、具有经济效益且易于使用，进而促进了更多的医疗和外科应用。

文/Cory Boone

激光器已经成为众多行业应用中的必备工具，包括医疗应用。在许多医疗应用中，与传统的手术刀相比，基于激光技术的手术不但能提高手术准确性，减少感染风险，还能从各种角度创建干净的切口。输出波长为 1~1.5μm 的激光源已经在医疗领域广泛使用，与此同时 2μm 激光器的显著进步也在促使其在医疗应用中迅速普及。

2μm激光器的发展

最初的 2μm 激光源是体积庞大且昂贵的液氮冷却装置。如今，小巧的 2μm 二极管激光器的长度只有 30mm，甚至更小。2μm 激光器可以提供脉冲和连续波（CW）发射。

无论是脉冲发射还是连续波发射，2μm 激光器中最常用的两种激光增益掺杂物是稀土元素铥（Tm^{3+}）和钬（Ho^{3+}）。Tm^{3+} 和 Ho^{3+} 离子可用于在多种不同的主晶体和玻璃纤维中实现激光发射。铥激光器被证明是连续波运转的更好选择；而由于掺杂钬的晶体具有更高的增益，因此钬更适用于脉冲和 Q 开关激光器。铥激光器的另一个优点是，可以使用波长为 800nm 的市售激光二极管泵浦；钬激光器则需要波长 1.9μm 的泵浦源来激发其离子。

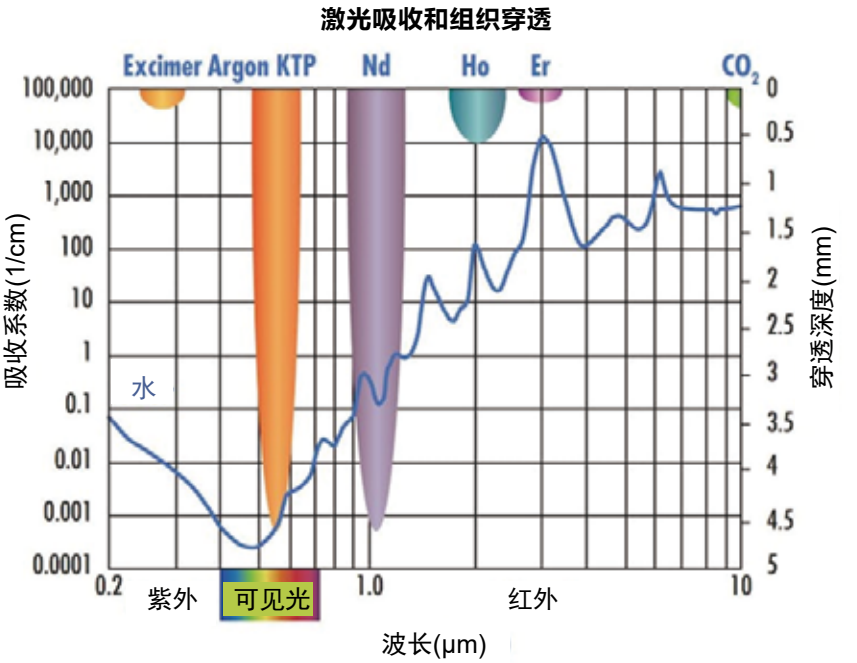


图1：不同波长的水吸收和组织渗透深度。

水对2μm波长的吸收

2μm 激光源非常适合精准的手术应用，因为水分子对 2μm 波长具有高吸收率，而水分子构成了大多数生物组织。水的 O-H 键的拉伸和弯曲振动，与 2μm 激光脉冲的振动频率相匹配。

确定归因于特定振动模式的吸收的准确量是困难的，因为所有这些效应都是耦合的，很容易观察到吸收中的尖峰。图 1 中给出了不同激光类型的水吸收光谱和组织穿透深度。在 2μm 处，吸收峰和 0.6mm 左右的穿透深度的组合，使该波长成为激光手术的最佳选择。在 3μm 处有另一个吸收峰，但该波长处的穿透深度不够，无法用于外科应用。

2μm辐射下的凝固

由于生物组织对 2μm 激光的高吸收水平，因此激光手术通常只会形成约 0.5mm 大小的小损伤区域。这

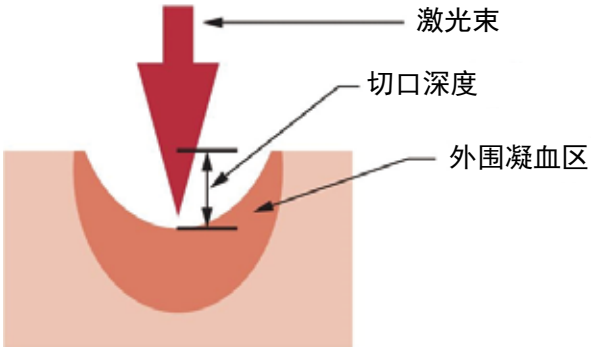


图2：在2μm激光辐射下形成凝血区，从而最大限度地减少手术出血。

大大提高了手术过程中切口的准确性，使得对周围区域的损伤降到最小。此外，在 2μm 激光照射期间会发生凝血（血液从液态变为半固态而形成凝块，见图 2）。这种凝血能够减少出血量，使手术更干净、更有效。

其他波长的激光会导致更大的凝血区。过多的凝血会导致手术后并发症。2μm 激光的凝血水平是一个有利的中间地带，凝血深度约为 0.1~0.2mm，它在出血量、热损伤以及预防术后并发症之间实现了一个很好的平衡。因为手术是一个非常精确的过程，所以需要精细地控制切口深度，以减少对底层组织的损伤。2μm 激光的切割和汽化速度能够保持相对恒定，无论生物组织的血管是什么样的，2μm 激光系统都能灵活地处理不同类型的组织。

人眼安全与手术应用

对人眼安全的激光波长的典型范围约为 1.4~2.4μm，因此 2μm 激光对人眼是安全的，因为这些波长会被眼睛的玻璃体强烈吸收，不会到达视网膜。2μm 激光的不可逆眼部损伤强度阈值，也远高于 1μm 等较短波长的阈值。但是，即使有这些安全优势，2μm 光束仍然有可能损害视网膜以外的眼睛其他部位，因此使用中仍要采取所有激光安全预防措施。

2μm 激光固有的特性（包括其在许多不同组织类型中相对恒定的切割和蒸发速度），使其成为许多不同外科应用的理想选择。表 1 中显示了 2μm 激光器在医疗领域的各种不同的应用案例，涵盖了神经外科、耳 / 鼻 / 喉、呼吸科、脊柱外科、妇科、泌尿外科和关节镜等领域。具有更长波长（包括 2940nm 和 2790nm）的钬激光器，也可用于痤疮去除和皮肤再生。

2μm 激光器已被证明能在医学领域发挥非常重要的作用。它们在生物组织中的高吸收率、较小的热损伤区域和人眼安全波长，将有望继续提高其应用普及率，并将更广泛地应用于激光手术中。❑

表1：2μm激光器在医疗领域的应用（绿色应用使用的是脉冲激光系统）

神经外科
- 囊肿开窗术
- 心室肌切除术
- 第三脑室造口术
- 肿瘤切除术
- 止血

脊柱外科
- 激光椎间盘切除术
- 激光椎间孔成形术
- 减压(PLDD)

肺病学
- 支气管镜检查
- 气道再通
- 清除障碍物
- 组织凝固

普通外科
- 循环良好的器官手术
- 组织汽化
- 体积凝结
- 痔疮手术

关节内窥镜检查
- 囊状收缩
- 软骨平滑
- 半月板切除术
- 滑膜切除术

耳鼻喉科
- 扁桃体切除术
- 镫骨切除术
- 肿瘤切除术
- 肉芽肿切除术
- 腭垂腭咽成形术(UVPP)

泌尿科
- 前列腺蒸汽切片
- 前列腺汽化
- 前列腺切除术
- 前列腺摘除术
- 膀胱颈切开术
- 尿道狭窄松解术
- 膀胱肿瘤的汽化和切除
- 肾部分切除术
- 腹腔镜检查
- 碎石术

妇科
- 息肉切除术
- 子宫内膜异位症
- 子宫切除术
- 粘连松解术
- 锥形切除术
- 子宫肌瘤切除术

OCT

OCT 成像技术在检测和计量方面的新应用

光学相干层析成像（OCT）正在从生物医学应用领域扩展到生产线应用，为工业生产提供便利。

文/Adam P. Wax，McKenzie Peterson

光学相干层析成像（OCT）是一种三维生物医学成像技术，具有微米级的分辨率和毫米级的穿透深度。OCT 最大量的应用在眼科医疗领域，用来展示视网膜的分层结构。OCT 也可以用于对其他生物组织成像，如皮肤、上皮细胞和血管。但是随着技术的进步和仪器的广泛可用性，市场上正在涌现出越来越多的新型 OCT 应用。

从一开始，OCT 的开发人员就假设这项光学技术有助于玻璃 / 聚合物复合材料的制造过程。[1]OCT 技术可以提供无损质量检测，进而避免产品的浪费。目前，无损检测正处于起步阶段，OCT 将有望成为生产线上的一种检测工具。

与在眼科中的应用相比，OCT 技术在商业生产线中的应用发展缓慢，甚至根本不存在。传统的 OCT 机器笨重且昂贵。OCT 检测也会受到被检测物自身光学特性的限制。深色涂料或不透明胶水会阻碍光线返回样品；金属也无法被检测。这些限制导致 OCT 并没有成为很多制造商无损检测方案的首选，但是更高的检测分辨率需求，激发了创新的可视化技术的发展。

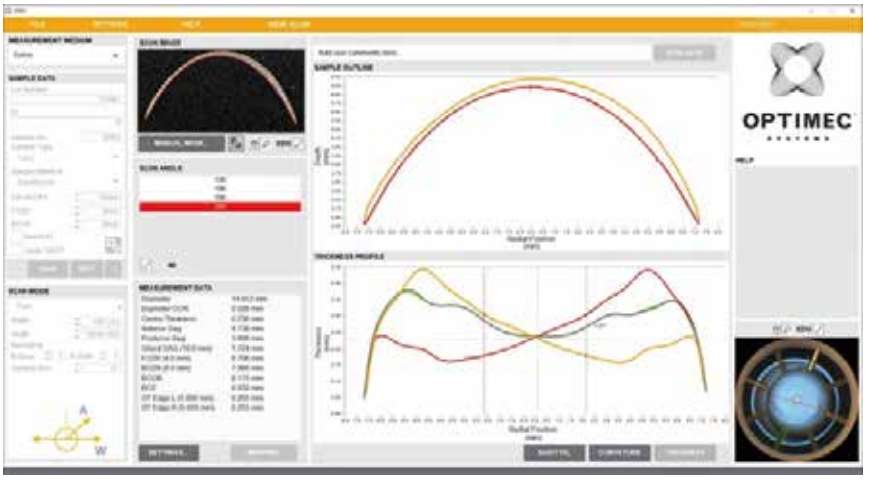


图 1：OCT 系统使用 Optimec is830 软件检测隐形眼镜。

隐形眼镜的检测

OCT 在线检测的一种最新应用，是用于检测隐形眼镜。由于隐形眼镜的薄膜是透明的，因此特别适合采用 OCT 检测。几项研究评估了隐形眼镜在体内的适应度和舒适度。隐形眼镜是由透氧塑料制成的，与人眼相似，，厚度约 400μm，相关特征在微米量级。

由于隐形眼镜的几何形状特殊，其检测测量是一项颇具挑战性的任务，因此需要一个扩展景深的 OCT 系统，成像范围约为 2mm，以可视化整个表面。几何检测是目前评估隐形眼镜质量的一种测量方法。2016 年的一项研究表明，OCT 检测系统（其中搭载了英国 Optimec Systems 公司的 OPTIMEC is830 软件，见图 1）能够提高隐形眼镜关键测量的准确性。[2] 虽然 OPTIMEC is830 是在研发过程中用来验证制造隐形眼镜的一款软件，但可以提高产量用于产品检测。但是，这是一个设计用于在开发过程中验证制造的隐形眼镜的系统，若要在产品检测环节使用，还需要具备更高的吞吐量。

涂层沉积分析

OCT 还可以对微米级厚度的药丸涂层进行实时可视化。初步研究表明，OCT 能够实现涂层的高精度测量，



图2：Phyllon公司的OseeT系统，可以实现高吞吐量的药丸涂层可视化。

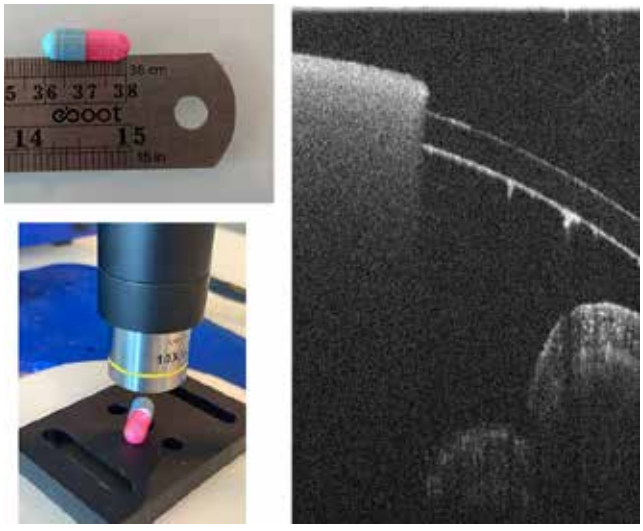


图3：胶囊药物的成像。药丸涂层的蓝色部分是不透明的，无法成像；而粉红色的一面对红外OCT照明是透明的，厚度和药丸内容可以成像可视化。

但也存在一定的局限性：不透明的药丸涂层可能会妨碍厚度测量，并且如果不旋转药丸或使用多个方向进行成像，药丸的曲率可能会妨碍完整成像。该领域最近的努力方向是：如何将 OCT 整合到制造链中。

2020 年的一份报告介绍了一种 OCT 成像系统，该系统适用于快速可视化置于一个转筒内的药丸。[3] 该转筒上有穿孔，可以对穿孔内的药丸进行 OCT 测量。通过转筒

zamia
以 稳 定 为 核 心
CO_2 射频激光器
高品质光斑 输出功率稳定 使用寿命≥20000小时 高于额定功率25%
zamia
扫码了解更多
www.sptlaser.com

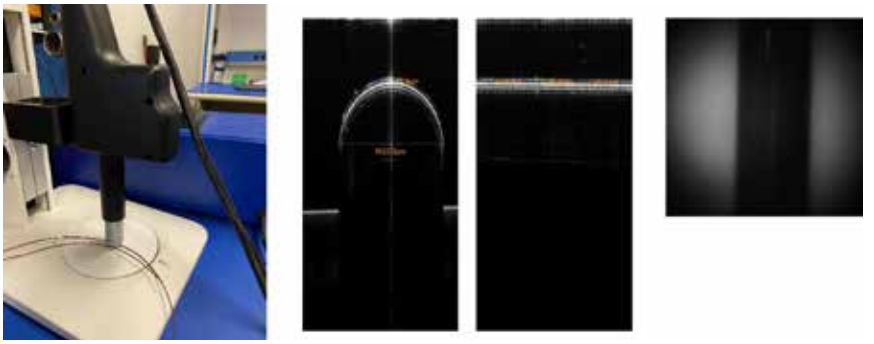


图4：使用Lumedica Labscope 2.0/XR Horizontal对带涂层的导线成像。图中显示的是带有卡尺测量的垂直OCT图像，以及通过可视化相机拍摄的导线。

的快速旋转，药丸移动通过成像区域，进而实现对涂层的在线表征。通过自动图像分析，可以获得涂层的厚度、均匀性和粗糙度等参数。

Phyllon 公司开发出了这套 OCT 成像系统的商业版本——OseeT（见图 2）。有些药丸的涂层是透明的，有些是不透明的。图 3 为每一面都具有不同光学性质的药丸。

OCT 的另一项应用是检测陶瓷线涂层。这些涂层用在电动机绕组的磁线上，需要在高温下工作，并且要保证无缺陷。OCT 可以对这种涂层进行成像检测（见图 4）。

尽管单一的离线测量对于验证批次质量是可行的，但 OCT 显示出了作为在线检测技术的发展潜力，只要图像的获得和分析足够快，OCT 就可以对工艺进行反馈。OCT 监测沉积层的其他例子包括：检测氧化铟锡（ITO）涂层 [4] 和激光金属沉积层。[5]

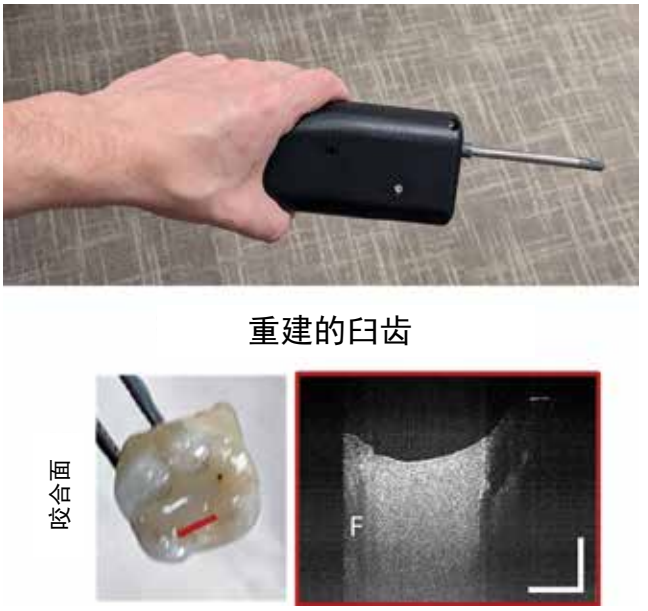


图5：Lumedica公司开发地手持式牙科OCT探头，右图F区域为复合充填物。

OCT用于牙齿修复

OCT 已被用于牙科，因为 3D 成像技术可以观察到硬组织表面的形态变化。它也可以用来评估假牙的结构特征。[6] 为了在制造过程中以及在体内都能方便地对假牙进行检测，Lumedica 公司在美国国家科学基金会的支持下，开发出了一种手持式 OCT 探头。图 5 显示了探针与重建的臼齿在一起。牙齿的复合充填物清晰可见，因此很容易评估与牙齿其余部分的贴合度。

3D渲染改变画面

2023 年，Lumedica 公司将推出 OQ LabScope 3.0。该系统保留了 Lumedica 设计的优势，如价格合理的 OCT 系统，该系统的独有特点是 A 扫描速度更快，并具有对标准系统进行 3D 渲染的能力。其提高的速度使得软件内的 3D 渲染更加实用，例如，对 $5 \times 5 \times 7 mm^3$ 区域的整体积扫描只需几秒钟。

OQ LabScope 3.0 包含 OCT 系统的所有组件，包括光谱仪、计算机和成像软件。它的光源是一个 840nm 的 SLD，在组织中达到 6mm 的轴向分辨率。灵活的软件允许用户设置所有扫描类型的大小，包括水平、垂直、径向、圆形和体积扫描。

借助这些功能强大的 OCT 成像系统，能够探索和实现检测和计量领域的新应用。OCT 系统设计的持续创新，降低了成本，增加了实用性和灵活性，为下一阶段的广泛应用奠定了基础。❑

参考文献

1. J. P. Dunkers et al., Compos. - A: Appl. Sci. Manuf., 30, 2, 139–145 (1999).
2. B. J. Coldrick, C. Richards, K. Sugden, J. S. Wolffsohn, and T. E. Drew, Cont. Lens Anterior Eye, 39, 4, 270–276 (Aug. 2016); doi:10.1016/j.clae.2016.01.002.
3. S. Sacher, A. Peter, and J. G. Khinast, Int. J. Pharm. X, 3, 100067 (Dec. 17, 2020); doi:10.1016/j.ijpx.2020.100067.
4. M.-T. Tsai et al., Opt. Express, 19, 7559–7566 (2011); https://opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-19-8-7559&id=211606.
5. C. Stehmar, M. Gipperich, M. Kogel-Hollacher, A. Velazquez Iturbide, and R. H. Schmitt, Appl. Sci., 12, 5, 2701 (2022); https://doi.org/10.3390/app12052701.

多面镜扫描

多功能多面镜扫描系统及其应用

基于多面镜扫描技术的光束引导系统，在光束偏转速度和精度方面均达到新水平，实现了更广泛的钻孔、切割、雕刻及表面处理等应用。

文/Marcel Wolf，Gianluca Deninno，Nello Li Pira，Andr é Streek

尽管基于激光的制造工艺在工业应用中已经很成熟了，但是人们依然需要不断开发新的生产方法，以提高加工的质量和有效性。激光加工的有效性，不仅取决于所加工零件的最终质量，还取决于加工所用的时间。

激光源功率的不断提升，正在使激光加工系统的平均可用功率大幅增加。为了充分利用当下更高的平均光功率，需要在被加工的材料上有更快的光束引导速度。常用的光束引导系统是检流计式扫描振镜（galvanometer mirror），这类系统的扫描速度约为 15m/s，这在一定程度上限制了高功率激光所能释放的潜在加工速度。

为了提高扫描速度，一种基于多面镜扫描技术的新型扫描系统应运而生，其扫描速度可高达 1km/s。[1] 该系统还需要持续不断地开发，以满足不断发展的行业要求。

技术实现

该多面镜扫描系统的光学部分包括多面镜轮、检流计式扫描振镜和 f-θ 场镜。在图 1 中，左图是一个多面镜扫描系统的实物图，右图是该扫描系统的光学方案的示意图。[2]

产生的扫描场由快轴和慢轴组成。多面镜每分钟的高转数（rpm），可以实现超快光束偏转，称为快轴。在八个镜面的相交处，激光信号由内部电子器件自动关闭。在等待下一个面被定位时，检流计式扫描振镜跳跃一条线的距离，形成慢轴运动。快轴和慢轴运动组合，形成一个二维加工区域。为了提高加工质量，使用了一种特殊的楔形双多面镜，以此来减少由 f-θ 场镜引发的失真。

另一个有用的功能是借助于检流计式扫描振镜，通过多面镜的一对镜面来校正光束的未对准。通过为每个面设置一组唯一的补偿值，可以优化单线的对准。专门设计的

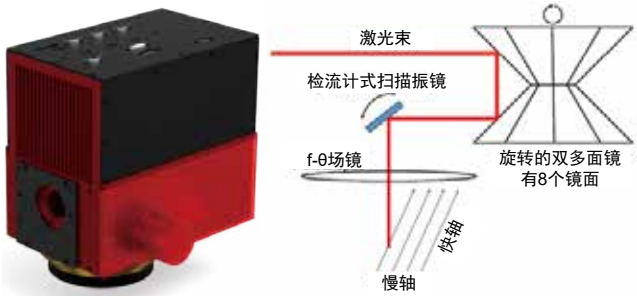


图1：多面镜扫描系统（左）及其光学方案图（右）。

双多面镜，减少了由 f-θ 场镜引发的失真。

电子系统的核心是现场可编程门阵列（FPGA）。通过 FPGA 与超快电子器件的结合，使得扫描系统几乎能够实时响应外部事件。可以通过以太网连接对 FPGA 进行配置。此外，通用 I/O 接口能够将多面镜扫描系统集成到全自动化机器中。在完成加工任务配置后，可以通过通用 I/O 接口由 PLC 软件控制多面镜扫描系统。激光器可以通过激光器 I/O 接口由模拟或数字信号控制。扫描系统可以与外部轴系统同步。

在轴系统的位置发生变化的过程中，扫描系统可以接近实时地做出响应。线扫描速度 v，取决于多面镜扫描系统电机 U 的旋转速度和所使用的 f-θ 场镜的焦距 f。加工所需要的精度和 / 或扫描场的面积，定义了所需要的光学元件，并且限制了可以实现的在线扫描速度。

卡口光学支架使得使用多个 f-θ 场镜成为可能。这允许光学元件快速交换，实现扫描系统的巨大灵活性。使用 2000mm 的 f-θ 场镜，最大线扫描速度理论上可以达到 4.775km/s。在这个组合中，可以实现高达 3km/s 的线扫描速度。到目前为止，使用 10kW 连续光纤激光器对扫描系统进行了测试，并通过了长期负载测试，没有出现任何损坏。对最大功率处理能力的进一步测试，将显示该系统的极限。

多功能多面镜扫描系统

激光系统的平均功率水平不断提高，随之需要更快的光束引导系统。多面镜扫描系统可以提供比常用的检流计式扫描振镜快大约 100 倍的偏转速度，进而能够大幅缩减加工时间，降低成本。多面镜扫描系统适用于众多不同的加工任务，如用于钻孔、表面结构化、雕刻 /2.5D 加工、激光诱导前向转移（LIFT）、切割等众多工艺。多面镜扫描系统可用于近红外激光，也可用于紫外波长。[3]

对于钻孔应用，需要精确定位激光脉冲。在该应用中，多面镜扫描系统采用按需脉冲（POD）模式。多面镜扫描系统中的电子器件，将激光 I/O 输出信号与多面轮的位置同步。如果激光脉冲在表面上的准确位置被识别，则 I/O 向激光脉冲选择器发出信号。系统准确地选择脉冲串中的一个脉冲，并将其施加到工件上。利用这种脉冲选择技术和多面镜扫描系统的精度，不仅可以用单脉冲工艺钻削薄箔，还可以用数千个脉冲钻削金属板。

多面镜扫描系统可用于硅晶圆的高吞吐量钻孔工艺。[4] 如果需要多个脉冲穿透加工的箔片，则必须对点线（line of dots）进行多次处理。在高扫描速度下，激光脉冲选择器信号和激光脉冲本身之间的时间不确定性（称为抖动），成为关键因素。在静态或固定的激光频率下，激光脉冲与扫描系统不同步。因此，脉冲在 1/*f* 的时间跨度内施加到材料上。经过几次脉冲施加后，孔洞变得模糊不清（见图 2b）。通过更高数量的重复加工，会形成一个线形结构。为了避免这种情况，扫描系统可以为激光系统提供 POD 信号，使多面镜位置与激光系统同步。这种操作模式减少了抖动，并在高扫描速度下实现了钻孔模式（见图 2c）。在这种模式下，热效应也可以最小化。

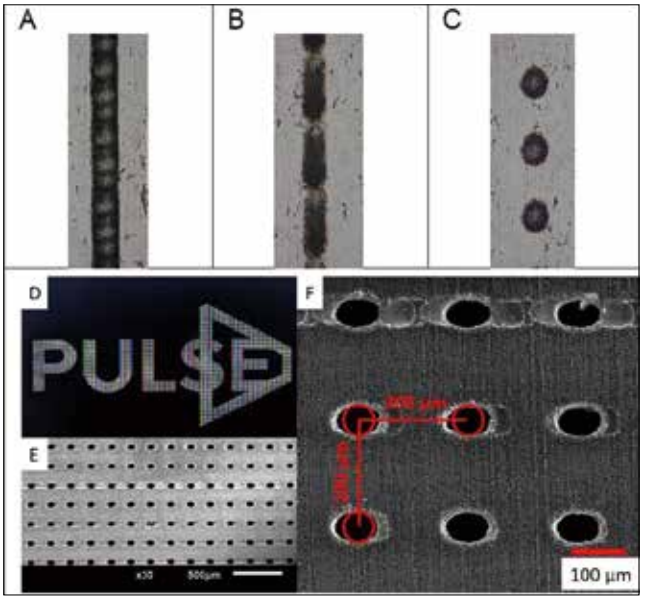


图2：具有和不具有按需脉冲（POD）功能的结构化线条，取决于脉冲重复加工次数：（A）重复10次，不具有POD功能；（B）重复3次，不具有POD功能；（C）重复10次，具有POD功能；（D）钻孔的硅衬底；（E）扫描电子显微镜图像；（F）放大的钻孔。

热量分布模式

如果基底非常薄，例如金属箔片，那么激光加工产生的热量可能是一个问题。薄材料局部受热，可能会出现撕裂。热量分布模式可以通过在材料中实施特殊的能量分布，来避免局部受热。通过在加工该区域时丢弃扫描线，然后在第二次过扫描中增加扫描线，可以降低局部温度。虽然这将增加加工时间，但也为高速加工开辟了新的加工窗口，尤其是薄膜材料。潜在的应用领域是薄箔的穿孔或切割。

多面镜扫描系统也可用于激光切割应用。例如，如果材料非常薄（如箔片），则无法使用普通激光切割系统（熔化切割工艺）切割。可以利用扫描系统实现烧蚀切割过程，以提高加工速度。此外，使用超短脉冲激光系统，还能实现非常好的切割质量。使用多面镜扫描系统，可以更快地实现线切割过程。箔切割是一项重要应用，在该应用中多面镜扫描系统可以施展其全部本领。

多面镜扫描系统也是区域表面加工的最佳选择。疏水性或亲水性功能化表面，可以通过多面镜扫描系统有效生成。可以在短时间内加工较大面积，目前已经展示了 0.77m^2/min 的加工速度。[5] 这些加工过程非常有效。在医疗行业中，需要疏水表面来减少细菌生长，而亲水表面以生产润滑的区域。

除了功能性表面外，多面镜扫描系统还可以实现更深

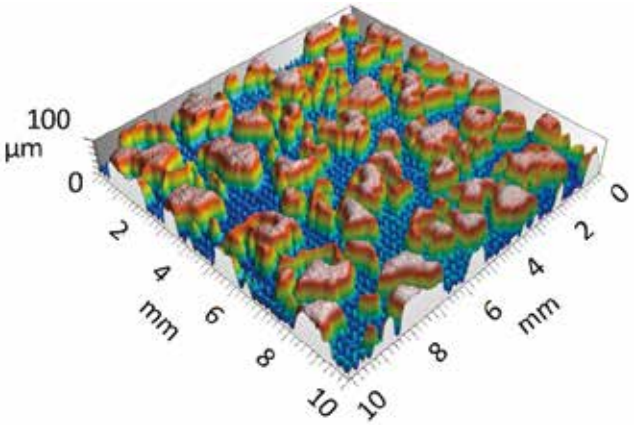


图3：结构数据的拓扑信息。该3D信息以2D 8位位图传输；数据包括256个灰度值。扫描系统中的电子器件能够单独处理每个灰度值。

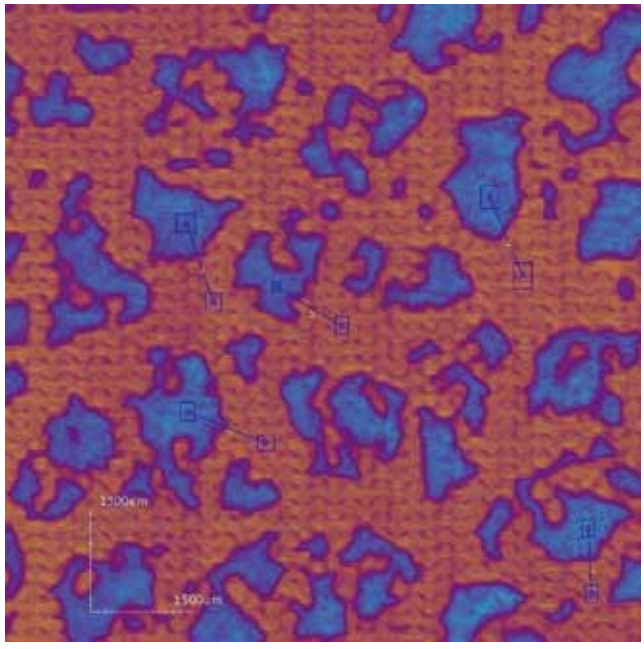


图4：钢衬底上的结构，具有5个测量点（平均值105µm）。

的雕刻加工。使用扫描系统的位图工作模式，可以进行 2D 表面处理或 2.5D 结构化雕刻。结构化信息由 8 位或 16 位位图提供。[6] 位图的每一层都将信息传递给工件。在 PULSE 项目中，利用这项扫描技术实现了汽车行业的结构化过程。Centro Ricerche Fiat SCPA 提供了设计数据集（见图 3）。

最终结构是逐层实现的（见图 4）。通过调整每层的过扫描次数，成功地管理了最终结构的绝对深度。在高激光脉冲重复频率下，出现低抖动，并且可以在不需要使用 POD 模式的情况下构造清晰的几何形状。

轴同步模式

该系统的另一个新颖之处是其集成的轴移位寄存器。对于每个维度，都实现了单独的编码器 I/O。这些用于使外部轴系统与扫描系统的电子器件同步。如果外部轴与扫描系统连接并同步，系统就可以对相对运动做出接近实时的响应。

因此，工件或扫描系统本身是否在移动并不重要。两种情况都可以编程到控制软件中。集成的移位寄存器可以相对于位置，移位扫描场和 / 或加载数据。这使得具有高度详细结构的大面积处理成为可能。

总结

现代多面镜扫描系统打开了更广泛的应用领域。得益于更快的偏转速度，薄箔等温度敏感材料能以高吞吐量钻孔、穿孔或切割。此外，针对太阳能应用，还可以对材料进行纹理化以生成功能表面，如疏水或亲水区域，雕刻以生成用于不同应用的模具，以及钻通孔等。使用多面镜扫描系统结合高功率激光，可以更快地实现许多加工任务。

未来，预计激光器的平均功率水平还将大幅提高。多面镜扫描系统提供了处理这些高功率所需的能力，并且能够以更快的速度进行激光加工。该系统的不同模式，将实现更具吸引力、更先进的激光加工设备。❑

参考文献

1. A. Streek and S. Klötzer, Sci. Rep., 4, 82–85 (2015).
2. M. Wolf, M. Müller, and A. Streek, Sci. Rep., 11, 201–204 (2019).
3. F. Rößler, M. Wolf, and A. Streek, Proc. LPM2022, 22-014, Presentation ID115 (2022) .
4. F. Rößler, M. Müller, and A. Streek, J. Laser Micro Nanoeng., 15, 3, 220–227 (2020).
5. J. Schille, L. Schneider, F. Ullmann, S. Mauersberger, and U. Loeschner, Proc. MATADOR Conf. Adv. Manuf. (2017).
6. F. Rößler, M. Müller, R. Ebert, and A. Streek, “High-power nanosecond pulsed laser engraving with an ultra-high speed polygon mirror scanner,” Hochschule Mittweida (2021).

高峰值功率皮秒深紫外光源获新进展

中科院上海光机所高功率激光物理联合实验室，在高峰值功率皮秒深紫外激光光源研究方面取得新进展。研究人员基于 1µm 波段激光的高效四次谐波和五次谐波产生，同时展示了 260nm 和 210nm 两个波段的高峰值功率皮秒深紫外激光源。

在 263.2nm 和 210.5nm 均实现了超过 GW 水平的峰值功率输出，峰值功率最高分别达到 2.13GW 和 1.38GW，转换效率分别达到 42.9% 和 28.8%。同时，基于这一深紫外光源，研究人员还系统地表征了典型双折射和非线性硼酸盐晶体（包括 α-BBO、β-BBO、LBO 和 CLBO）的深紫外光学性质。

实验结果从三方面分别代表了目前 ps 重频深紫激光最高输出峰值功率、最高转换效率、及最综合的硼酸盐晶体深紫外光学特性表征。本项工作将有助于进一步实现超高峰值功率深紫外及真空紫外激光光源的产生，并在科学和工业领域发挥关键应用。

HHG

荷兰纳米光刻专家解读关于高次谐波产生的那些事儿

领导荷兰纳米光刻高级研究中心极紫外生成小组的Stefan Witte，介绍高次谐波产生的条件、挑战和高次谐波的应用。

文/Sally Cole Johnson

Laser Focus World (LFW) 采访了荷兰纳米光刻高级研究中心极紫外生成小组的领导者 Stefan Witte，请他分享了关于高次谐波产生（HHG）需要的条件、面临的挑战及其应用潜力等内容。

***LFW*：什么是高次谐波产生?**

Stefan Witte: 高次谐波产生是一种极端的非线性过程，它通过高能量超快激光脉冲来创建波长非常短的极紫外光（EUV），甚至是软 X 射线。

研究人员可以在实验室中使用这种小型工具，并以灵活和可访问的方式用其进行各种实验。如果高次谐波产生系统能为我们提供足够的脉冲

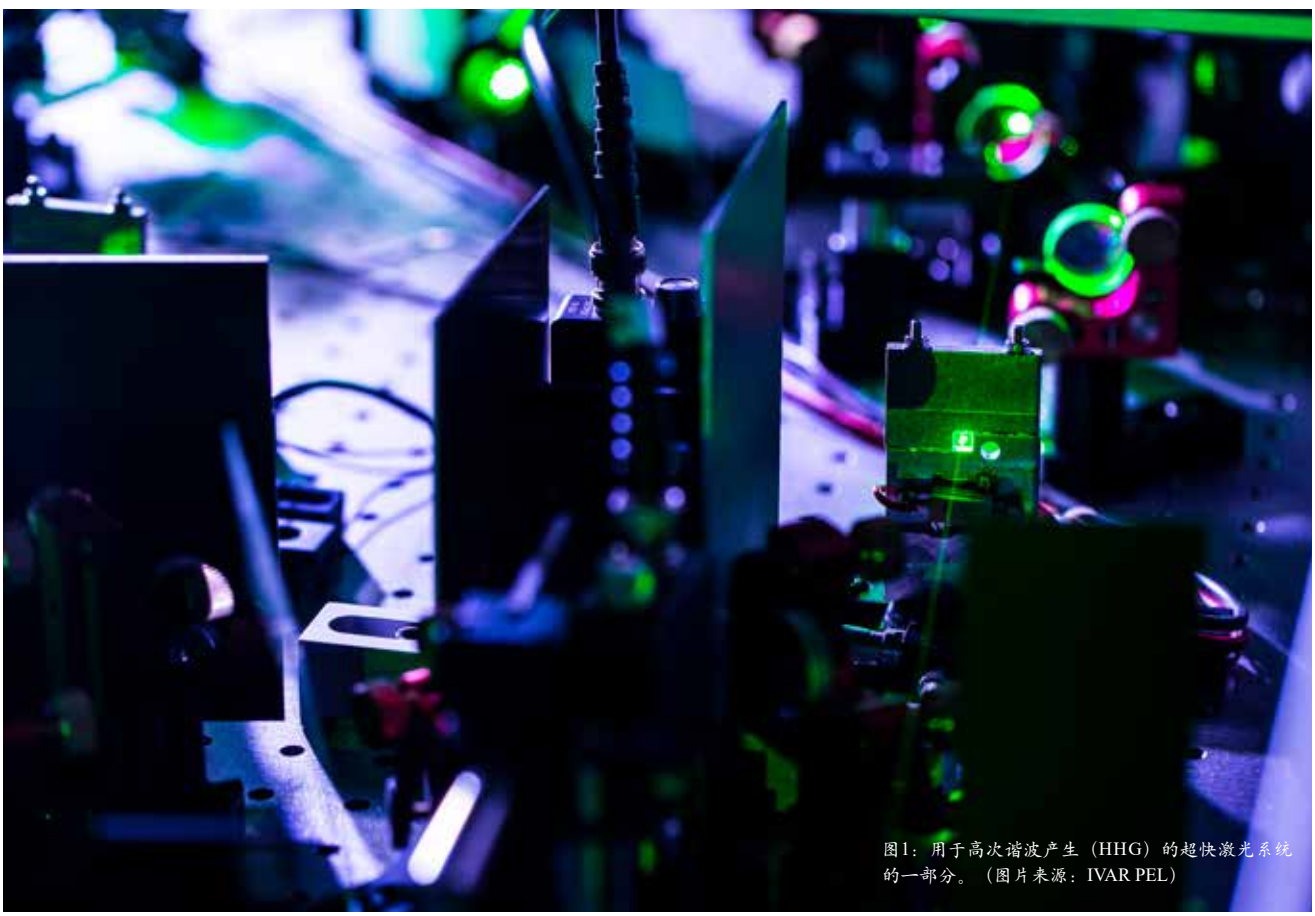


图1：用于高次谐波产生（HHG）的超快激光系统的一部分。（图片来源：IVAR PEL）

能量 / 光子来做我们想做的事情，那么就相当于提供了一种产生短波长辐射、相干或进行时间分辨实验的替代方法。

高次谐波产生最令人惊讶的是它的相干性。它使用聚焦在气体中的非常强的超快激光脉冲。在气体中，光的电场变得比将电子与原子结合的电场更强；因此电子会脱离原子并加速，然后再回到原子中，并将它们获得的所有动能以光子形式释放出来。这是阿秒时间尺度上的快速电子加速，产生了具有明确相位波前的相干光束。谐波束中的定时、相位、波长等参数都是可控的。

***LFW*：高次谐波产生需要什么样的实验室装置?**

Witte：它通常需要一个包括高功率超快激光器的光学实验室，其中超快激光器是关键部件。超快激光器用于产生飞秒脉冲，脉宽越短越好，脉冲能量至少要达到毫焦量级。然后，将这些激光脉冲聚焦到气体介质中，气体介质通常位于一个更大的真空室内，这就是发生魔法的地方。

***LFW*：高次谐波产生系统，是从外部购买还是自己搭建?**

Witte：现在有几家公司能够销售完整的能拿来就用的高次谐波产生系统，这是一项新发展。现在，基本上可以购买成熟的商业系统，直接用来实现高次谐波产生。

当然也有一些团队仍然喜欢自己构建系统，包括我们。因为如果我们能根据自己的喜好调整脉冲，我们就可以做得更好。

气室 / 真空系统需要大量专业工作。通常，我们希望使用产生的 EUV 高次谐波进行实验，所以 EUV 波长需要穿过真空（否则会被空气吸收掉）。EUV 是在一个小气室中产生的，气室中通常是氩气、氖气或其他惰性气体。相互作用发生在位于真空系统内的大约 1mm~1cm 长的气体内，这样能使产生的 EUV 光不受干扰地传输。

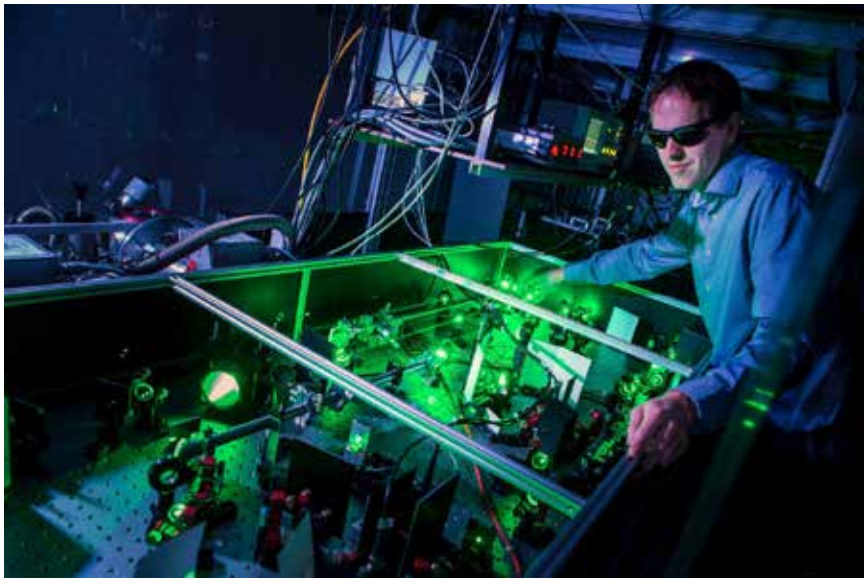


图2：Stefan Witte调整用于高次谐波产生的激光系统。（图片来源：IVAR PEL）

然后需要将产生的 EUV 光输送到实验中，我们用的是成像实验，当然也可以是阿秒科学、原子物理学或其他实验。需要一个专用的实验装置来进行与之相关的特定研究，并“一次性”设计整个装置，以确保让产生的光处于想要的位置，并且具备正确的属性。通常，这部分装置是研究人员自己建造的。

这涉及到一些设计工作，因为 EUV 光非常敏感——它几乎被所有物质吸收，因此需要真空环境。必须使用反射镜等反射组件进行聚焦，因为不存在工作在该波段的透镜，而且每种材料都会很快吸收 EUV 光。重要的是要弄清楚如何将 EUV 光引入实验中，让它做我们想做的事情。

***LFW*：高次谐波产生的发展过程?**

Witte：高次谐波产生最早是在 20 世纪 90 年代初被构想的，因此它已经出现有一段时间了，但从概念上讲，它一直保持不变。第一个高次谐波产生实验，是用高功率激光聚焦到真空室内的气体中进行的，现在仍然是这样。最重要的是激光器的改进，这才是真正推动技术发展并使新实验成为可能的原因。

在 20 世纪 90 年代进行的第一次实验中，当时最先进的激光器是皮秒激光器，其重复率为每秒 10 发脉冲。现在，超快激光器的脉冲持续时间通常已经低于 10fs。脉冲宽度实现了几个数量级的改进，这也会将整个过程的效率提高几个数量级。现在，每秒产生数千个脉冲的激光器已经很常见。

整个过程本质上是一个单脉冲处理过程，每个脉冲都会带来一定的光。每秒的脉冲数越多，帮助越大。从概念上讲，高次谐波产生仍然包括将一个非常短的能量脉冲聚焦到气体中，但是我们实现它的方法正在改进。

在过去的几年中，在高次谐波产

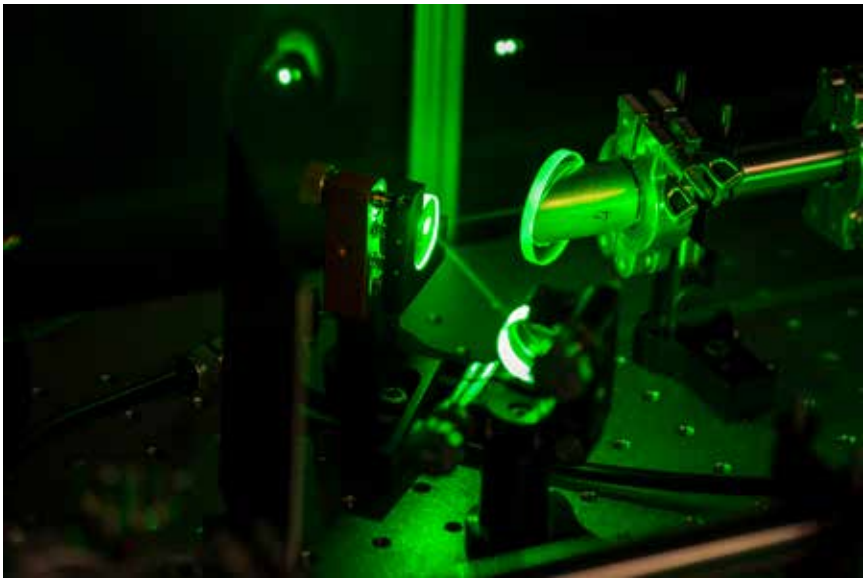


图3：用于高次谐波产生的超快激光系统的一部分。（图片来源：IVAR PEL）

生中，超快激光聚焦进入的介质，已经开始从气体转向液体和固体，尤其是晶体或玻璃。原则上，介质的密度更大了，所以会有更多的原子相互作用，从而使所有东西变得更小，并用能量更低的激光产生高次谐波，因此需要的每个脉冲的能量更低。这样，我们就可以使用脉冲能量较低、但重复率较高的激光器，来放大整个过程。

所以现在一个新领域正在兴起，它包含了这些概念上的改变，用具有某些属性的固体来代替气体，以操控谐波。我们能控制介质并从气体变为固体吗？我们能用固体实现想要EUV 辐射吗？这是一项非常令人兴奋的发展。

***LFW*：高次谐波产生有哪些挑战？**

Witte：主要的挑战是整个过程的效率。谐波的产生非常有吸引力，但谐波产生过程本身，从激光到谐波的转换效率是百万分之一，这还是在正确的情况下。对于更短的波长，最终的转换效率在 10^{-6}-10^{-9} 之间。换句话说，输入一个毫焦级的激光脉冲，最终只会得到 1 纳焦或者可能只有 1 皮焦的能量。对于任何实验来说，这样的能量都非常小。因此，实现需要仔细设计，要尽可能有效地为实验提供足够的光，因为产生的高次谐波几乎能被所有物质吸收，因此需要在真空中工作，等等。最主要的困难是，拥有足够的光来为任何应用做一次有趣的实验。

***LFW*：高次谐波产生是如何实现阿秒物理学的？**

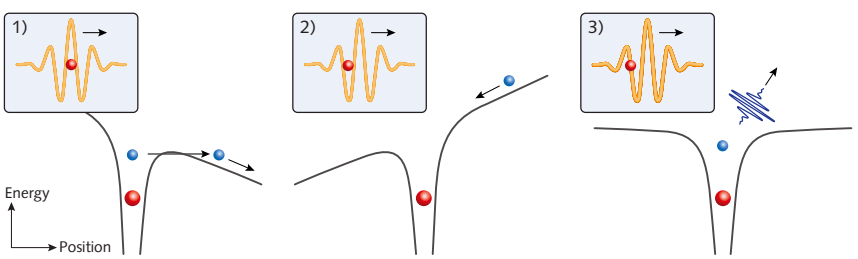


图4：高次谐波产生的三步模型，显示了由于强激光场、电子在激光场中的加速以及电子与母体离子的复合导致的高能光子发射而形成的隧道电离。（图片来源：Stefan Witte/ARCNL）

Witte：高次谐波产生之所以有可能实现阿秒物理学，是因为这些谐波是在阿秒脉冲串中产生的。如果使用飞秒脉冲，基本上每半个激光周期就会得到一次非常短的极短波长辐射的脉冲串。所以，每个激光周期可以得到两次这样的脉冲串，它们比激光周期短，可以降到 100 阿秒甚至更短。

有了这么短的脉冲，我们就可以开始观察真正的快速现象了。它使我们能够在这些时间尺度上进行实验，例如试图跟踪分子内部移动的电子或化学反应。所有阿秒物理学都是从谐波产生开始的，并且是由谐波产生促成的。

***LFW*：高次谐波产生能够实现哪些类型的实验？**

Witte：我们正在使用它进行纳米级成像。对于显微镜和成像系统来说，由于光的衍射极限，因此能使用的最短波长决定了能看到的最小细节。如果能使用更短的波长，就能看到更小的结构。

我们感兴趣的是研究集成电路（IC）内部的纳米结构，并开发成像技术来观察它们。这些结构的尺寸为 10~20nm，非常小。我们正试图制造显微镜来观察它们，但我们需要非常短的波长。问题是，基本上没有工作在这个波段的透镜，所以这就是乐趣或挑战的开始。

我们进行了无透镜成像。我们用谐波光束撞击了一个我们想成像的物体，以观察它散射到相机时的衍射图案。从这个图案中，我们试图重建发生衍射的结构。如果我们解决了这个问题，我们就有了显微镜，这就是我们所追求的。❑

UV飞秒加工

紫外飞秒激光切割 OLED 智能手机显示屏

将飞秒级超短脉冲宽度和较短的紫外波长相结合，实现了智能手机OLED显示屏的高质量、高速度精密切割。

文/MKS Instruments

在过去的几年中，OLED（有机发光二极管）技术已经彻底变革了显示行业。随着技术的进步，OLED 显示屏在对比度、分辨率、色彩范围、寿命和功率效率等方面不断提升。在电视、笔记本电脑、智能手机和可穿戴设备等产品中，OLED 显示技术正在迅速取代旧的显示技术。

此外，随着消费者对更薄、更柔性、可折叠和透明显示屏的需求不断增加，制造商对新制造工具的需求也随之不断增加。由于 OLED 显示屏中具备高分辨率和高灵敏电路，其制造中的一个关键挑战是：实现窄切口宽度，并且切割产生的热影响区（HAZ）可以忽略不计。

刚性 OLED 显示屏采用玻璃衬底上，而柔性 OLED 显示屏采用聚合物衬底。激光在 OLED 生产中的重要应用包括：切割显示屏的轮廓（避开 OLED 发光部分），以及在 OLED 上切割通孔。

OLED 由许多层构成，包括衬底层、OLED 发射层、偏光层、触摸传感器层和保护层；其中大多数层由聚合物材料组成，最常用的聚合物材料是聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）和聚酰亚胺（PI）。每层的厚度为几微米至 100μm，所有的层叠合在一起的总厚度通常为 300~500μm。一些层使用光学透明粘合剂（OCA）粘合在一起。由于有的层非常脆，使用机械方式切割会导致边缘损坏，而且随着工具的磨损，边缘损坏问题会加剧。类似地，使用较长脉冲宽度的激光切割，也会导致较大的热影响区或其他质量问题。此外，由于各层的光学属性不同，使用红外光或绿光切割也会存在问题，即使光脉宽在超短脉冲（USP）范围内。

相比之下，使用较短的紫外（UV）波段的超短脉冲切割 OLED，展示出了巨大的潜力。首先，超短脉冲持续时间的热影响区非常小；其次，UV 激光的短波长使得脉冲更容易被 OLED 各层中的不同材料吸收；而且具有更小的焦斑尺寸，进而能实现更清洁、更窄的切口宽度。此外，聚焦的 UV 光束的低发散，有助于切割较厚的 OLED，而不需要额外的重复扫描，因此不会加宽切口宽度。

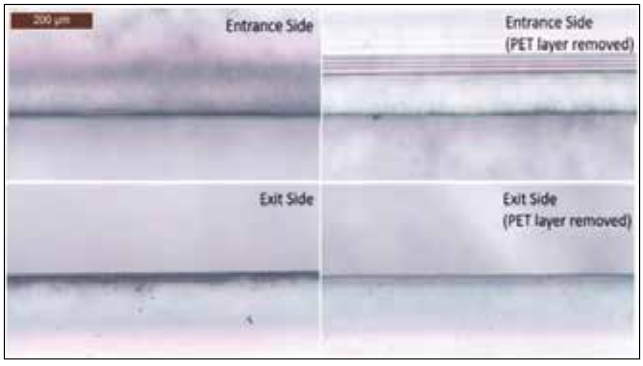


图1：使用Spectra Physics IceFyre FS UV50飞秒激光器，在多次扫描模式下，切割厚度约375μm的OLED的显微镜图像。有效切割速度约为133mm/s。

为了验证使用飞秒紫外激光切割 OLED 的好处，MKS 工业应用实验室的工程师演示了使用 Spectra Physics IceFyre FS UV50 高功率飞秒紫外激光器，切割厚度约 375μm 的 6 英寸柔性 OLED 手机显示屏。测试中使用的 OLED 材料是预切割面板形式的完整显示屏，两个表面

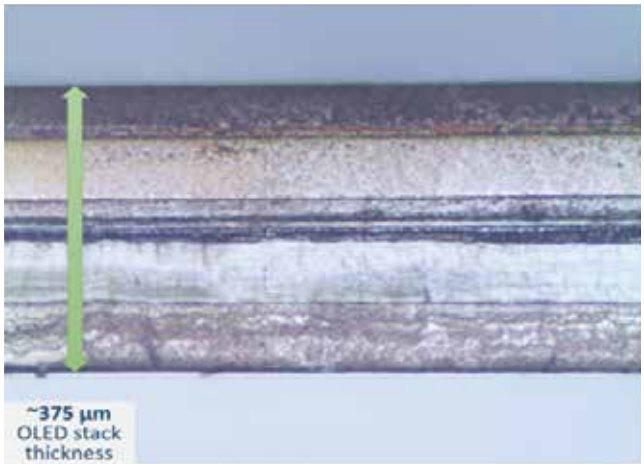


图2：使用Spectra Physics IceFyre FS UV50飞秒激光器，在多次扫描的模式下，切割厚度约375μm的OLED的横截面显微镜图像。

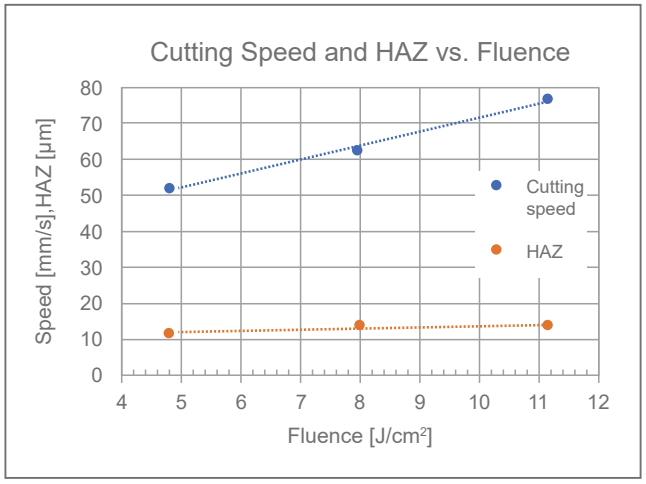


图3：OLED的切割速度和热影响区（HAZ）与UV光束能量之间的关系。

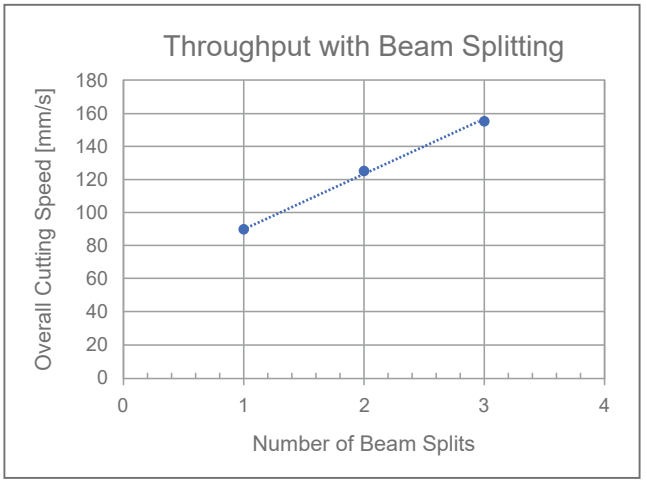


图4：使用大扫描场的切割系统，利用分束方式可以实现更高的总产量。

都有 PET 保护层，使测试能够在预期的切割路径上进行，就像在制造手机时一样。图 1 是切口的显微镜图像，显示了良好的表面质量。

使用多次扫描模式，激光功率大于 40W，脉冲频率 2MHz，有效速度切割约为 133mm/s。值得注意的是，即使是在激光器标称工作频率 1MHz 的两倍下工作，仍有充足的可用功率，这对于同时实现高产量、高质量切割非常重要。干净的切口，仅 5~10µm（在出光侧表面甚至更低）的热影响区，表明 IceFyre FS UV50 激光器非常适合切割这些具有挑战性的多层薄膜叠合材料。

图 2 显示了切口的横截面图像。该视图显示了所有层的切割质量。光滑的切面和所有层的均匀切割，没有熔化、脱层或粘合剂渗出的迹象，这充分证明了 IceFyre FS UV50 激光器是切割 OLED 的理想选择。

这些最初的测试，虽然仅限于较小的切割长度，但却让人们充满了希望。使用双轴光束扫描系统做了进一步测试；光束扫描系统具有更长的焦距和大扫描区域，能够覆盖整个切割路径。因此，整个 OLED 显示屏可以通过高速、多次扫描切割完成，从而能充分利用激光器在高脉冲重复频率下的高功率。此外，为一定范围的脉冲能量确定切割速度，有助于从系统设计的角度进一步优化产量，例如考虑光束分束的可能性。图 3 中给出了切割速度和表面热影响区与脉冲能量之间的关系图。

数据显示，虽然较高的脉冲能量会实现较高的切割速度，但它们之间并不是按比例增加的。事实上，脉冲能量增加了 2.3 倍，而切割速度仅增加了约 1.5 倍。因此，在脉冲能量较小的情况下切割更有效，而且很显然，采用分束系统设计能够实现最高的总产量。此外，测量的热影响区的质量，会随着脉冲能量的减少而降低，这进一步证明了使用多个低功率光束切割的可行性。根据这些测试中生成的数据，使用多个较低功率的光束切割，可以显著提高产量，如图 4 所示。

下转第28页

表1：IceFyre FS UV50主要参数表

波长	343±2nm
功率	>50W@1MHz and 1.25MHz
最大脉冲能量	>50µJ@1MHz
重复频率范围	单发~3MHz
脉冲宽度，FWHM	<500fs
脉冲间的能量稳定性	<2.0%rms
功率稳定性(预热之后)	<1%rms (运转8小时以上)

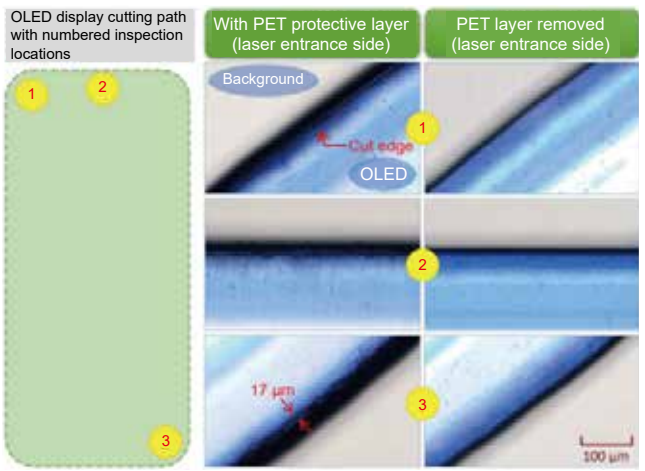


图5：OLED切割路径的整个周边，都实现了优异的切割质量。

激光切割

激光精密切割促进电池创新

随着全球汽车市场继续向电气化动力模式发展，更好的生产工艺流程变得至关重要。

文/Peter Fretty

最近，美国电池制造商Enovix公司宣布与IPG Photonics公司合作，以推动整个行业从机械切割向激光加工过渡，因为下一代激光加工设备可以显著提高规模化生产。

“我们的制造工艺已经有了很大的进步，2018年采用的是30W激光器，而如今采用的是1KW激光器，这些激光器将被纳入Gen2系统。”Enovix公司联合创始人兼首席技术官Ashok Lahiri说，“我们的工艺在很大程度上依赖于激光图案化加工技术的高性能和高精度。在过去的15个月里，利用激光功率的提高和电极加工技术的进步，Enovix公司已经证明了激光加工可以将电池的生产效率提高数倍。”Enovix因设计和制造下一代3D硅锂离子电池而闻名业界（见图1）。

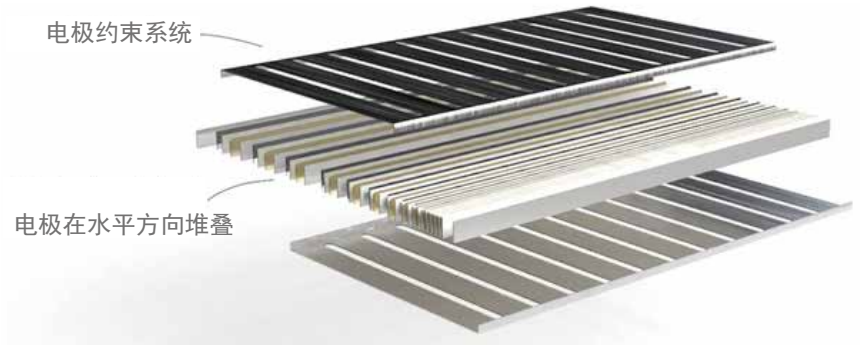


图1：Enovix公司生产的下一代三维硅锂离子电池架构。

电池新架构

Enovix公司研发出了一种新型技术，其电极加工方式有望彻底改变电池的制造方式（见图2）。对于传统的电池组，由于电极是在垂直方向上堆叠的，所以制造商处理电池的方式可以是缠绕也可以是堆叠。Enovix公司将堆叠方式转了90°，使堆叠方向为水平方向，进而改变了电极的方向（见图3）。

“这意味着当我们在X-Y平面切割时，对电极而言，实际是在X-Z维度上切割，并且缩短了切割距离。”Ashok Lahiri说，“当切割厚度为20mm或30mm的大型电池时，有更多的边缘需要切割，因此切割精度至关重要的。这就限制了加工精度为毫米级的机械系统的使用。对于微米级的加工精度需求，正是激光加工可以大显身手的好时机。”

随着大型电池单元的出现，制造商正在采用垂直堆叠的方式取代传统的缠绕方法，这为制造商从传统的机械加工转向激光加工提供了机会。制造商转向激光加工的道理很简单：因为激光在加工复杂的几何形状时，能实现更高的加工精度。Lahiri说：“虽然激光加工目前是一种比较昂贵的方法，但是激光加工的性能改进正在缩



图2：Enovix公司开发的激光加工电极的方式，有望彻底改变电池的制造方式。

小与机械加工的差距，而机械加工近年来并没有得到革命性的改变或发展”。Lahiri 说，“如果在成本和效益方面能达到一个利益权衡点，那么更高的激光切割精度无疑会带领明显的收益。”

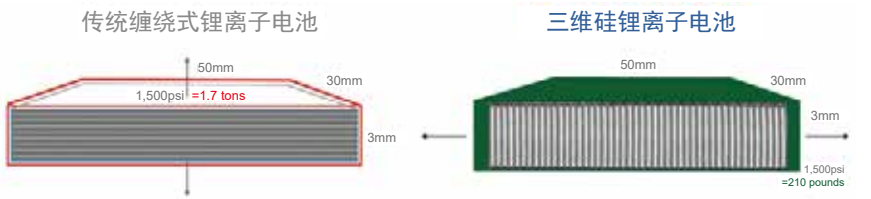


图3：Enovix公司将电极堆叠旋转了90°，使电极在水平方向堆叠，进而改变了电极的方向。

随着电池架构的发展，Enovix 公司已经大幅提高了所用的激光功率，尽管功率增加不一定与切割速度的增加呈线性相关，但是切割速度在很大程度上与激光功率的增加有关。“无论我们使用脉冲激光还是连续激光，功率的增加都会直接影响切割速度。我们采用 IPG 和其他公司的激光系统，并将其纳入电池加工的工艺流程中，从而实现了更高的切割精度和更快的切割速度。”Lahiri 说，“我们正在开拓激光的使用，并提供更广泛适用于电池的解决方案。此外，我们还可以提前了解激光系统供应商的研发路线，以指导我们如何更好地将这些激光创新应用到实际生产中。”

变革的时代

随着激光技术的不断发展，从最初的纳秒脉冲激光，到飞秒激光、连续激光，或介于两者之间的激光光源，这也导致了不同激光加工方式之间的竞争。“研究人员需要设计和优化系统，以实现每千瓦时能量所能产生的最佳加工效果。”Lahiri 说，“当致力于实现这种电气化的未来时，能源存储的成本仍然是一个很大的问题。所以任何改善能源存储的方法，都可能引发游戏规则的改变。”

正是意识到了这一机遇，Enovix 公司一直在努力建立一个可扩展的架构，以实现大批量生产。“人们迫切需要更好的电池来满足不断增长的需求，以解决消费者的担忧。我们希望能够率先真正改变这个行业，然后以此为杠杆进入其他行业。”Lahiri 说，“Enovix 电池的独特之处在于，可以用二氧化硅取代石墨，并享受所谓的 100% 活性电池。”❑

上接第26页

从图 4 中可以看出，当从单个高功率光束变为三光束时，总切割速度接近 160mm/s。在整个切割过程中也必须保持良好的切割质量。在图 5 中，表面热影响区在切割边缘周围均匀变小，特别是在去除 PET 保护层后，热影响区更小。

检查转角和直段部分的切割显示，在较短的切割长度中表现出的卓越质量，在更大的全尺寸 OLED 切割中得到了复制。在有外部 PET 保护层的情况下，热影响区通常在 10~20μm。去除 PET 层后，热影响区均匀地减小到 5~10μm 或更小。这些测量是针对入光面进行的，通常入光面具有较大的热影响区，而出光表面的热影响区明显较低。

OLED 显示屏由许多具有不同的热学、光学和机械属性的材料组成，因此对高速和高质量切割提出了严峻挑战。然而，激光在为最严峻的制造挑战提供解决方案方面有着非凡的历史，在 OLED 显示屏切割中也不例外。将 IceFyre FS UV50 激光器提供的 UV 超短脉冲，已经证明能够以高产量和优异的质量切割全尺寸智能手机 OLED 显示屏。

IceFyre® FS UV50激光器

IceFyre FS UV50 激光器是工业飞秒紫外激光技术的一次飞跃，具有优异的性能、多功能性、可靠性和拥有成本。IceFyre FS UV50 激光器能在 1MHz 下提供 >50W 的紫外输出功率，脉冲宽度 <500fs。该激光器具有优异的多功能性，脉冲频率从单次发射到 3MHz 可调，具备按需脉冲（POD）和位置同步输出（PSO）触发以及 TimeShift 脉冲可编程能力，实现灵活的脉冲串操作模式。

客户受益于超短脉冲和紫外波长下的优异光束质量，能够以高精度和高质量对复杂且具有挑战性的零件进行微加工，并能实现高产量，热影响区可忽略。IceFyre FS UV50 激光器专为工业应用而设计，以优异的性价比提供可靠、稳健的全天候操作。IceFyre FS UV50 采用 Spectra-Physics 的 It's in the Box™ 设计理念，在一个超紧凑的封装中集成了激光产生和控制部分。❑

飞秒加工

飞秒激光实现医用支架高精度切割

医疗可植入式支架的制造精度要求极为严苛，激光切割，特别是飞秒激光切割是最理想的加工工具。

文/Rossie

医疗可植入式支架是医疗领域最常用的治疗器械之一，它们能通过微创手术的方式植入人体内，发挥重要治疗功能，挽救生命。

医用支架分为血管支架和非血管支架，其中血管支架占大多数。随着我国人口老龄化速度加快，心血管患者数量持续增长，未来对 PCI 手术（经皮冠状动脉介入治疗）的潜在需求随之增加，这也将促使心脏支架需求的不断增长。

因为要植入体内，所以支架必须满足多种要求。首先，它们必须由不会与组织和血液发生反应的生物相容材料制成。其次，由于支架植入体内时间较长，因此必须具有弹性和耐用性。最后，支架需要高精密加工，以便它们在满足医疗功能的同时，不会积聚杂物。

医用支架的常用材料不锈钢、镍钛合金（一种具有形状记忆的镍钛合金）或钴铬合金。这些材料具有高耐磨性、高冲击强度和延展性。这类支架是不可生物吸收的。另一种是生物可吸收支架，它们的材质为镁合金或聚乳酸（PLA）等聚合物材料。

从支架制造所要求的高精度而言，激光切割，特别是超短脉冲激光切割，是最能满足要求的制造方法。

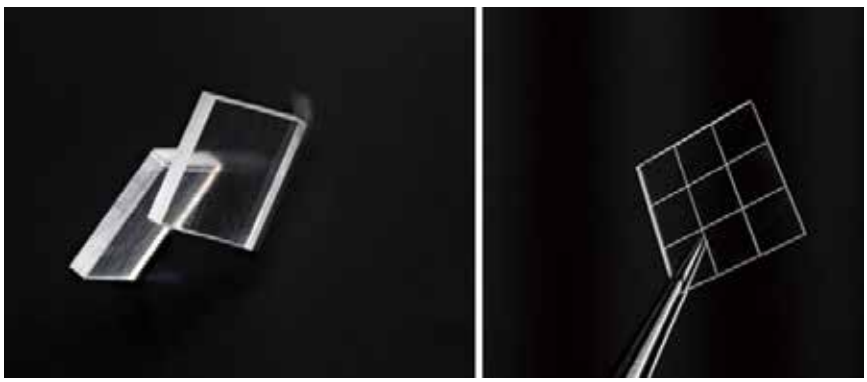


图1：使用飞秒脉冲和精密光学器件从PLA片材上切割元件。实现了切口<1μm的超细切口分离。（图片来源：Fluence Technology）

飞秒切割PLA支架

飞秒脉冲激光与物质的相互作用时间，比热量扩散需要的时间短得多。因此，飞秒脉冲切割的一个主要优点是，切割过程中几乎没有热量产生，这就避免了切割过程中在金属中形成热影响区（HAZ）或是热敏聚合物的熔化。飞秒切割能够实现一种冷切割，切割质量更精细，切割面更清洁。

Fluence Technology 公司的 Jasper X0 飞秒激光器，结合了短脉冲、高峰值能量和可定制的重复频率，成功实现了最具挑战性的热敏可生物降解的 PLA 支架的切割。

（1）激光划片切割

在切割 PLA 这样的热敏可生物降解材料时，Fluence Technology 使用了“划片和分离”（dice and break）技术。通过将 <250fs 的超短脉冲持续时间与创新的光束整形技术相结

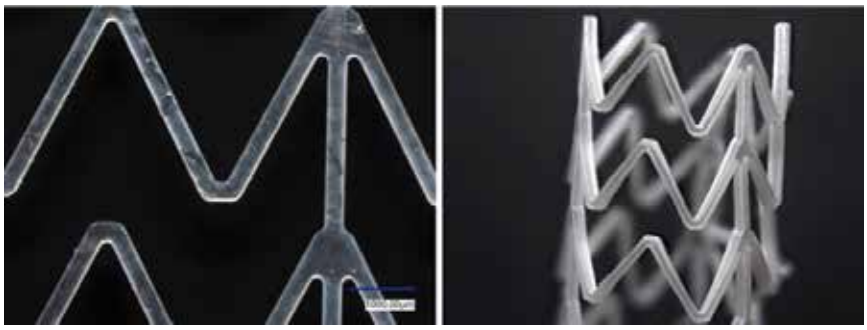


图2：用飞秒激光器Jasper X0烧蚀切割的PLA支架。（图片来源：Fluence Technology）

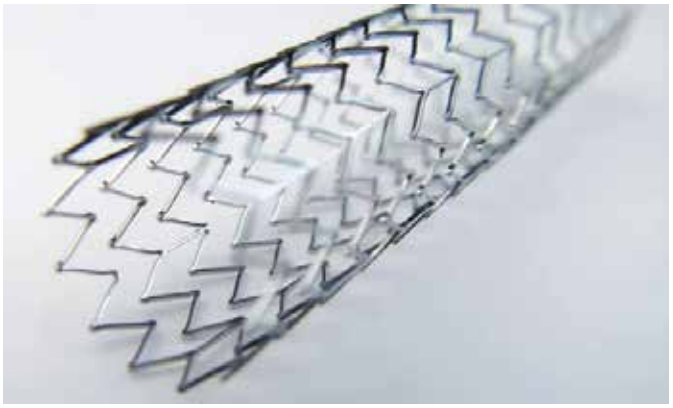


图3：激光切割的镍钛合金支架。（图片来源：NIT Co. Ltd）

合，首先用飞秒脉冲在材料上打上一排非常细的孔（直径 1~2μm），然后再通过施加机械力分离，边缘非常光滑，没有熔化和切口粗糙现象。

这种方法实现了 <1μm 的切口宽度（切口几乎可以忽略），切口无锥度，也没有 HAZ，并且在几乎没有材料损耗失的情况下，实现了高达 1m/s 的切割速度。这种基于激光划片和机械分离力的切割方法，能使材料保持原状，从而确保了生物相容性。

（2）激光烧蚀切割

Fluence Technology 还通过常见的激光烧蚀切割方法，制造了 PLA 支架。

在紫外光谱范围内，非常强的局部吸收与多光子电离相结合，能提供极高的切割精度，大大减小热影响区，同时提高自由形状聚合物切割的产量。还有一个非常重要的优势素是：激光切割后所需要的后续处理非常少。

这些支架支柱经过精确加工，边缘光滑，有利于身体安全，降低了血管组织损伤的风险。

这项技术也适用于目前占据整个市场绝大多数的金属支架。超快激光用于金属支架制造，其中毛刺和热影响区的减少，为支架支柱提供了光滑的表面，将不再需要去毛刺（使用较长脉冲切割镍钛诺支架，通常会出现毛刺）。对周围材料的最小影响对金属材质也非常有利，能够使材料的物理属性基本保持不变。

光纤激光切割切割镍钛合金支架

镍钛合金或“记忆金属”具有超弹性和形状记忆等特殊性质，也是支架的一种常用材料。

台湾高雄的里特材料科技公司（NIT），是一家卓越的镍钛记忆合金线供应商，也是医疗器械等应用领域成品部件的合同制造商。NIT 不但能提供直径 3~6mm 的常见镍钛合金管状材料，并且还开始提供直径小至 0.56mm 的镍钛合金管。

为了向客户提供具有卓越精度和边缘质量的零件，NIT 引入了 Coherent 高意公司的 StarCut Tube 激光切割系统。这套切割系统可以配置为提供两种不同的激光源：一种是脉冲宽度可在 10~50μs 间调节的光纤激光器，另一种是脉冲宽度小于 350fs 的 Monaco 激光器。两种激光器均输出近红外激光，适用于加工大多数金属材料（如不锈钢、镁、铂、镍）和多种非金属材料。用户可以根据需求选择需要使用的激光源。NIT 使用光纤激光切割实现了很好边缘切割质量和切割吞吐量。

飞秒激光切割镍钛诺支架

NKT Photonics 公司也利用其 Origami XP 飞秒激光器，成功实现了镍钛诺支架的冷烧蚀切割，并实现了非常高的切割质量。

Origami XP 是一款一体式飞秒激光器，它将激光头、控制器和空气冷却系统都集成在一个小巧坚固的封装中，体积紧凑。它基于紧凑的单片啁啾脉冲放大平台，能够在 1030 nm、5 W 平均功率和低于 400fs 的脉冲持续时间下，提供高达 70μJ 的脉冲能量。

小结

血管支架和非血管支架能够通过微创手术治疗严重的疾病，并且由耐用的生物相容材料制成，需要精确的激光加工才能制造。超快脉冲激光器利用精确的脉冲串来平滑地切割支架，并达到极高的精度。飞秒激光既可用于制造金属支架，也可用于制造非金属的聚合物支架。飞秒激光实现了高吞吐量切割和最大的加工灵活性，使其成为支架制造商的首选工具。❑

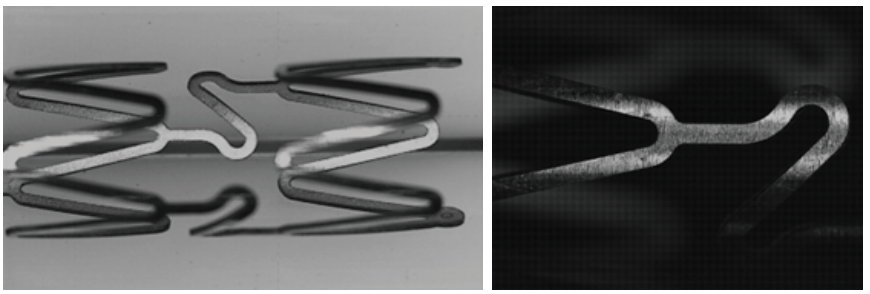


图4：NKT Photonics的Origami XP飞秒激光器实现镍钛诺支架的高质量切割。（图片来源：NKT Photonics）

烟雾排放

与激光加工烟雾排放相关的职业健康与安全

Eurolaser Polska为其CO_2激光加工系统配备了空气净化技术，使生产车间保持空气清洁,保护人工和设备安全，节省成本。

文/Stefan Meissner

Eurolaser 是德国一家激光加工系统供应商，该公司成立于1994 年，主要致力于为工业和手工业领域提供激光材料加工技术。

如今，Eurolaser 公司主要生产用于切割、雕刻和打标的二氧化碳（CO_2）激光设备。“我们的激光系统专为工艺加工和工业应用而设计。高质量的元器件构成模块化结构，保证了最苛刻应用的质量，”波兰市场销售和分销合作伙伴 Eurolaser Polska 公司首席执行官 Mariusz Deptuch 说，“CO_2 激光器是我们的激光系统的核心，其对激光加工的效率和精度做出了至关重要的贡献。”

Eurolaser 使用的封离式 CO_2 激光器持久耐用，无需维护，可提供高达 600W 的激光功率。Eurolaser 推出的宽幅激光切割机专门用于加工四类材料：亚克力板（PMMA）和其他塑料、木材、箔材和纺织品。

Eurolaser Polska 还提供应用中心服务，如客户材料激光切割测试、激光切割性能和质量测试、原型切割、原型生产系列和生产支持等。

清除空气中的污染物

激光加工会产生不必要的副产物，如激光烟雾和激光粉尘，加工过程中的能量输入会引发热解和氧化过程，释放出由气溶胶、气体和纳米颗粒组成的腐蚀性有毒混合物。在人体呼吸过程中，有毒的纳米颗粒会越过肺血屏障，进入神经系统，对人体产生巨大伤害。除了危害人体健康，这些烟雾也会形成污染层，对机器和产品产生损坏。

为防止上述情况发生，Eurolaser 使用了排烟系统进行空气净化。早在 15 年前，该公司就与空气技术解决方案供应商德国 ULT 公司签订了合作协议。

“ULT 公司是 Eurolaser 公司的长期技术合作伙伴，”Deptuch 说，“与 ULT 多年共同开发的知识和经验积累，为我们的激光系统空气过滤解决方案的质量和功能提供了保障。”

2020 年，在 COVID-19 疫情和未来前景不明朗的情况下，Eurolaser Polska 部署了 LAS 800 激光排烟系统，与 Eurolaser L-1200 200-W 激光系统一起使用，直接从轧辊上切割技术纺织品（见图 1）。

“我们需要一种非常灵活的激光烟雾过滤装置，因为技术纺织品材料种类繁多，根据市场需要会切割不同



图1：LAS 800激光排烟装置（左）用于净化空气中的激光烟雾和灰尘。

的产品。”Deptuch 说，“切割不同种类的材料及其夹层填充物，会产生不同的激光烟雾排放。必须快速有效地清除这些激光烟雾，以保护激光切割机操作员的健康，同时防止机器和产品受到污染。”

激光加工任务与排烟挑战

Eurolaser Polska 为各种市场应用提供解决方案，包括汽车行业，涉及安全气囊的尼龙和座椅系统材料的切割。对于内饰应用，Eurolaser 为聚乙烯（PE）/ 聚酯（PES）/ 夹层填充的泡沫等材料提供切割解决方案。

“在汽车应用领域，最难加工的是切割不同类型的汽车地毯，因为这些地毯往往由多种材料复合而成，通常包括热塑性塑料（ABS 和 PET）、多层泡沫或纤维。” Deptuch 说。

在该应用中，切割厚度超过 10mm 的隔音材料，会产生大量的激光烟雾。如果不进行有效的过滤，激光系统的光学和机械部件会被迅速污染，进而影响激光器的正常运行。

除了汽车领域，Eurolaser Polska 为军事应用提供的服务也面临挑战。例如使用激光切割各种军用材料，如 Cordura、Velcro、Kevlar、芳纶和各类层压板（见图 2）等。切割合成材料和矿物材料组成的复合材料，对烟雾过滤提出了严峻挑战。

目前，激光应用中出现了一些新型材料，如层压板和复合材料。层压板主要是塑料的组合，而复合材料则基于各种类型的纤维（主要是玻璃纤维）。

“大范围切割这些材料所产生的激光烟雾非常多样，除了粘性颗粒外，还包含气体和气溶胶。” Deptuch 说，“这就是为什么我们正在寻找一种解决方案，以确保过滤器的长期保护，并延长其使用寿命。在经过 2000 个工作小时后，LAS 800 激光排烟设备工作性能依然优越，能满足我们的所有要求。”



图2：激光加工杜邦尼龙（Cordura）材料，用于军服生产。

针对Eurolaser的紧凑型解决方案

LAS 800 系统提供了一个紧凑和多功能的滤筒式过滤装置，专门用于中小型激光系统的激光加工应用，如切割、打标、焊接等。LAS 800 激光排烟装置内的许多升级和扩展选项，也是 Eurolaser 选择该系统的另一个关键因素。

例如，Eurolaser L-1200 传送带系统用于各种技术纺织品的激光切割。LAS 800 系统中包含的助滤剂计量装置，有助于防止粘性烟尘颗粒堵塞过滤器，从而在过滤器更换方面节省成本。

“另一个很特别的配置是附加的 HEPA H14 过滤器，其带有下游活性炭吸附过滤器。” Deptuch 说，“得益于这种优良的配置，使得我们能在生产车间内始终保持空气清洁；我们并不需要增加通风井，在寒冷的月份，还可以节省取暖成本。” ❑

通快激光助力汽车刹车盘减少有毒粉尘排放

刹车产生的粉尘会危害人体健康。采用高速激光熔覆制成的刹车盘，比常规刹车盘排出的颗粒量要少得多。高速激光熔覆的速度可达 100m/min，是传统激光熔覆的 50 倍；粉末利用率 90%-95%，远高于传统激光熔覆的 35%。因此，高速激光熔覆不仅具有成本优势，还能实现量产，有望成为制造刹车盘的新标准。

通快集团拥有成熟的高速激光熔覆工艺，能有效减少刹车盘的磨损，从而减少有毒粉尘的排放。目前通快已联合知名主机厂和零部件供应商，针对刹车盘磨损问题进行了量产测试。

Photonics West 2023 展会上亮相的最新激光器产品

国际光学工程学会（SPIE）每年举办的美国西部光电展（Photonics West），是国际权威性的激光与光电行业盛会，在这个展会上各参展商都会。每年，Photonics West 展会上都汇聚了光学和光子学领域最前沿技术和产品，吸引了来自世界各地的业内相关人士来展会上了解行业最新技术发展，把脉未来发展趋势。

2023 年 1 月 31 日 -2 月 2 日，Photonics West 展会在美国旧金山莫斯康中心（Moscone Center）成功举办，参展商 1400 多家，参观观众超过 22000 人。我们来回顾一下厂商们展出的一些前沿的激光器产品。

➢ 紫外/深紫外激光器

IPG Photonics用于微加工的三款深紫外光纤激光器

IPG Photonics 针对微加工应用推出了三款深紫外光纤激光器。它们采用 IPG 专有的非线性晶体技术，相比于使用传统的频率转换材料，使深紫外激光器拥有了更长的寿命，解决方案更坚固、更灵活。

- 波长 266nm 的 3W 连续单频光纤激光器，可用于检验、光刻、FBG 写入、光盘重新刻入和光谱学应用。
- 波长 266nm、最大脉冲能量 2μJ@1.5ns、平均功率 5W 的纳秒脉冲光纤激光器，可用于玻璃、钻石和聚四氟乙烯等具有挑战性材料的微切割、钻孔、表面织构、标记和选择性材料去除。





- 波长 257nm、最大脉冲能量 5μJ@1ps、平均功率 5W 的皮秒脉冲光纤激光器，可用于 PCB、柔性电路板、LED 和平板显示应用的微切割、钻孔和选择性材料去除。

深紫外激光器能帮助电子设备、显示器、半导体和医疗行业的制造商，实现精度更高的加工工艺，同时满足工业领域对高可靠性和正常运行时间的严格要求。这三款基于光纤架构的深紫外激光器，小巧轻便，易于集成，是微机械加工和材料加工工作站的理想选择。

Coherent高意展示10W 266nm工业深紫外皮秒激光器

Coherent 高意展示了新推出的工业级 HyperRapid NXT 266nm 深紫外皮秒激光器，平均输出功率 10W，能够实现超聚焦光束，完成特征尺寸远小于 10μm 的加工。它能够围绕 OLED 显示面板外轮廓销蚀微通道，同时保证相邻区域完好无损。该工艺能够最大限度地扩大显示面板的有效面积，为消费电子产品的无边框潮流提供支持。



这款激光器使用了 Coherent 高意自己生长和涂层的特殊专利晶体，使激光器能够在不间断的大批量生产环境中，长时间输出深紫外激光。相比于基于机械或化学工艺的方案，这款激光器提供的精细切割方案，更简单、更清洁、成本更低。

适用于平板显示器及微电子制造、特征尺寸小于 5μm 的玻璃打标，以及从不同材料（如氧化物、塑料和有机物）中选择性去除复杂结构。

➢ 半导体激光器

IPG亮相6种高功率半导体激光器

IPG Photonics 针对工业加热和干燥应用，推出了六款新型半导体激光器解决方案（DLS-ECO），旨在取代效率较低的红外灯泡和污染环境的燃气炉。



二极管加热器的功率转换效率极高，且对环境影响低，在成本和投资回报率方面极具吸引力；它们能帮助使用传统化石燃料熔炉的客户，轻松切换到更加高效和对生态环境无害的过程，促进可持续发展。

这些半导体激光源的输出功率范围 3.5~40kW，具有超过 52% 的电光转换效率。二极管加热器在低温下操作，没有能量浪费；100% 固态光源以激光方式将能量引导至正在处理的介质上；在各加工批次之间，二极管加热器关闭，不消耗能量。

激光可以深入至表面下方实现干燥，提供比对流热炉更有效的干燥过程。DLS-ECO 解决方案的体积能缩小 4 倍，速度可加快 4 倍。通过实时在线温度调整，能实现严格的过程控制。DLS-ECO 非常适合干燥工业涂料（如电池浆料、油漆或粉末涂料），并可用于对过程控制要求严苛的应用，如半导体晶圆加热。

nLight发布element blue蓝光半导体激光器

nLight 在其 element 系列半导体激光器产品中，增加了蓝光产品 element blue。element 系列可提供卓越的亮度和性能，满足大批量应用需求。

新推出的 element blue 蓝光产品，提供准单模和多模配置，波长范围 375~525nm（375nm、405nm、445nm、488nm、525nm）。多模输出芯径 105μm，功率高达 90W；准单模输出芯径 25μm、功率最高 9W。提供可靠的光束质量和可靠性。



element blue 适合的应用包括增材制造、特种金属切割、金属和塑料的焊接、医疗、航空航天与国防、科学及电动汽车等众多领域。

Nuburu展示125W、250W蓝光半导体激光器

Nuburu 展示了其最新的 NUBURU-BL™ 系列紧凑型蓝光半导体激光器，其采用了创新的第三代光引擎设计。BL 系列激光器可与扫描系统和光束传输系统轻松集成。125W 型号 BL-125 和 250W 型号 BL-250，能提供高功率和高亮度，并集成了功率监控功能，能为广泛的行业提供设计和制造效率。



金属——特别是有色金属，如铜和金，以及含有这种材料的合金，对蓝色激光的较短波长具有较高的吸收，因此蓝光激光器的两个关键应用领域是电动汽车中动力电池箔片的制造和增材制造。BL 系列适用于汽车电气化（储能、电动汽车）制造、3C 制造以及铜和其他反射材料的增材制造。

凯普林亮相蓝光雕刻激光器/976nm波长锁定模块

凯普林展示了全新推出的蓝光雕刻激光器，具有体积小巧易于集成，聚焦光斑小，输出能量高，可靠性高等优势，适用桌面级设备，可以雕刻或切割常见金属、玻璃、皮革、纸板以及木材。相较于近红外激光，蓝光激光器更适用于玻璃、铜箔等高反材料的加工应用。



此外，凯普林还展示了 976nm 波长锁定高功率半导体激光模块，其拥有 48% 以上的电光转换效率，以及非线性效应和量子亏损小的特性。精密的光学调试整形及高效的散热封装，进一步提高了产品可靠性，达到一定功率范围内的波长锁定。采用新一代轻量化产品设计，集高功

率、高亮度、高波长稳定等特性于一身，可广泛应用于高端工业加工及科研领域。

➢ 工业级飞秒激光器

Coherent高意展示Monaco 150μJ红外飞秒激光器

Coherent 高意展示了新款 Monaco 1035-150-150 系列工业级红外飞秒激光器，能够在 1MHz、低于 400fs 脉宽条件下，产生 150μJ 的能量脉冲。它配置了 Monaco 平台的所有标准功能，包括 POD、可变式脉宽调制、可变式重复率和 Seeder Burst 脉冲模式。该激光器适用于 OLED 显示屏玻璃、蓝宝石和复杂涂层脆性材料的切割，切割厚度高达 2mm，为下一代 IT 设备中大尺寸 OLED 显示屏的生产提供有力工具。



Monaco150 系列是市场同类产品中体积较小的激光器之一，也是最早整合到激光工具中的产品之一。Coherent 高意已在全球的工厂中装配了 750 多套 Monaco 系统，经过实地验证，该系统能够全天候大规模生产智能手机和医疗器械中使用的 OLED 显示屏。

Fluence展示Jasper Micro红外飞秒光纤激光器

波兰超快激光器制造商 Fluence 展示 Jasper Micro 红外飞秒光纤激光器，其采用风冷结构，体积紧凑（400mm × 320mm × 115mm），有利于在空间有限的应用场景中集成。该系统输出波长 1030nm；提供从 <270fs~8ps 的可调脉冲持续时间；在 1MHz 下，脉冲能量可达 5μJ，输出可在按需脉冲至 20MHz 之间调节；最高可提供 7W 的平均功率。



Jasper Micro 的高能量脉冲和高重复率，使其成为切割、钻孔和打标等材料加工应用的理想选择。Jasper Micro 的高能飞秒激光脉冲非常适合玻璃打标和加工应用，因为高能脉冲可以破坏玻璃内部的键合，加工中不产生热量，切割边缘没有热应力或开裂，能产生精细的切口或标记。

Jasper Micro 非常适用于那些“需要合适的能量水平、但又不希望平均功率过高的”应用场合。在 PCB 和电子制造行业，Jasper Micro 以高精度加工铜的能力将为其带来很多应用。

➢ GaN激光器

BluGlass推出多款GaN激光器

全球半导体开发商 BluGlass 在 Photonics West 2023 展会上推出了一系列氮化镓（GaN）激光器产品。这些激光器可提供 405nm、420nm 和 450nm 波长，具有单模和多模工作模式。产品均已经通过了商用测试，在性能和可靠方面都有了显著改进。

以下产品现在可供客户采购：

- 紫光 405nm 多模 1W 激光器
- 紫光 405nm 单模 250mW 激光器
- 紫光 420nm 多模 1W 激光器
- 紫光 420nm 单模 250mW 激光器
- 蓝光 450nm 多模 1W 激光器
- 蓝光 450nm 单模 100mW 激光器



可见光激光器市场是一个高价值、高利润的市场，正在快速增长，其应用从消费电子、先进制造到医疗诊断、量子计算和国防应用，几乎无处不在。目前客户已经表现出在应用中部署该系列激光器产品的需求，具体应用包括 3D 打印、量子传感和计算、材料传感和流式细胞术等。❑

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	设计	工艺	装备	质量	装配	工程	服务
Materials	Deign	Processing	Equipment	Quality	Assembly	Engineering	Service



汽车工程行业盛会

数字时代 | 未来智造

SINCE
2004

18届
AMTS 2023

2023.7.5-8

上海新国际博览中心

W1, W2, W3, W4, W5, E1, E2, E3馆

立即预登记

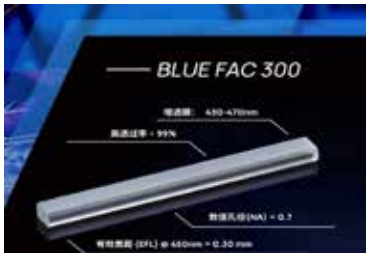
RX Hengjin
励进展览(上海)有限公司
www.shanghaiamts.com

扫码预登记免费参观

关注公众号，查看更多信息

炬光科技用于蓝光半导体激光器的快轴准直器

炬光科技用于蓝光半导体激光器的快轴准直器 Blue FAC 300，采用平-凸面型设计，有效焦距 0.3mm，准直后的发散角仅相当于红外光应用时的一半，更适宜各类高光束亮度应用，甚至可用于直接半导体激光器应用。



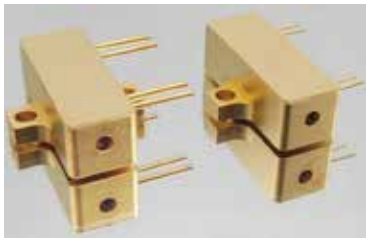
Blue FAC 300 的几何外形与现有红外光快轴准直器 FAC 300 接近，设计紧凑：长 4mm（可定制其他长度）、宽 0.5mm、厚 0.41mm。Blue FAC 300 可实现 CoS（chip-on-submount）蓝光激光器的光束准直，也可根据不同需求对有效焦距进行定制。

Blue FAC 300 采用独特的晶圆级同步结构化制造技术，该技术可生产最大 300mm × 300mm 的微光学晶圆，仅需两步工艺就能实现数以万计高品质微光学透镜的生产。

炬光科技，www.focuslight.com

杏林睿光带PIN的1535nm人眼安全激光器

杏林睿光开发的带 PIN 的 1535nm 人眼安全激光器，可输出激光零点信号。新产品经过 -40~65℃高低温测试，满足 100℃宽温工作严苛要求，已得到客户的高度认可。

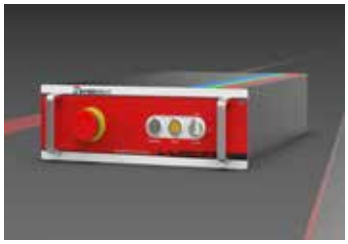


带 PIN 1535nm 人眼安全激光器，主要由低重频的 100~300μJ 产品和 1~10kHz 的高重频产品组成。该系列产品基于杏林睿光传统的铒玻璃激光器产线开发，同样具有极轻的重量、极小的尺寸、单脉冲能量稳定、光束质量好等优点，专业应用于测距机、避障雷达、气象雷达、引信等产品。

杏林睿光，www.real-light.com

长光华芯1710nm直接半导体激光器

长光华芯成功研制出基于磷化铟的 1710nm 大功率半导体激光二极管单管芯片，在此基础上，又成功研制出输出光纤为芯径 400μm、NA0.22 的 50W 光纤耦合模块，并同步推出 1710nm 的直接半导体激光器产品。该产品主要用于厚度在 1mm 以下的透明塑料的激光穿透焊，目前已在客户端批量应用，在产品性能及性价比上均获得了较好反馈。



1710nm 直接半导体激光器方案，相比于固体激光器或者 CO_2 激光器，能耗节省最大可达 10 倍以上；相比于光纤激光器，能耗节省 30%。

长光华芯，www.everbrightphotonics.com

光至科技脉冲激光器

光至科技的 YFPN-20/50W-GLE 激光器采用高性价比的全光纤结构，通过特殊的脉冲调制技术，输出高光束质量的脉冲激光，优化输出波形，无惧高反，开关光响应快，压缩结构体积，性能更优。



该系列激光器能广泛应用于非金属、高反金属材料（金、银、铜、铝等）、非高反材料的打标、精密加工、图文雕刻等。在打标应用中，其相比传统激光器成本更低廉，性能更稳定。

光至科技，www.gzlasertech.com

度亘核芯55W 915nm单管芯片

度亘核芯自主研发的高功率 915nm 半导体激光单管芯片，在室温和 55A 连续工作条件下，突破性的实现了 55.5W 的高输出功率，而且具有高的电光转换效率、小的水平发散角和高的偏振度。

度亘核芯通过对基础物理、材料科学以及器件制备工艺的深入研究，优化了芯片的内量子效率、腔内光学损耗以及腔面的高负载能力，成功实现了输出功率和电光转换效率的显著提高。

度亘核芯，www.dogain-tech.com

Coherent高意全新绿光激光打标子系统

Coherent 高意全新的 PowerLine F QS 绿光激光打标子系统，可提供高达 27W 的 532nm 绿光输出，比原系统提高了 3 倍，并且兼具早期型号拥有的所有性能和软件优势。

MedTechWorld

Medtec China

Technology · Networking · Education

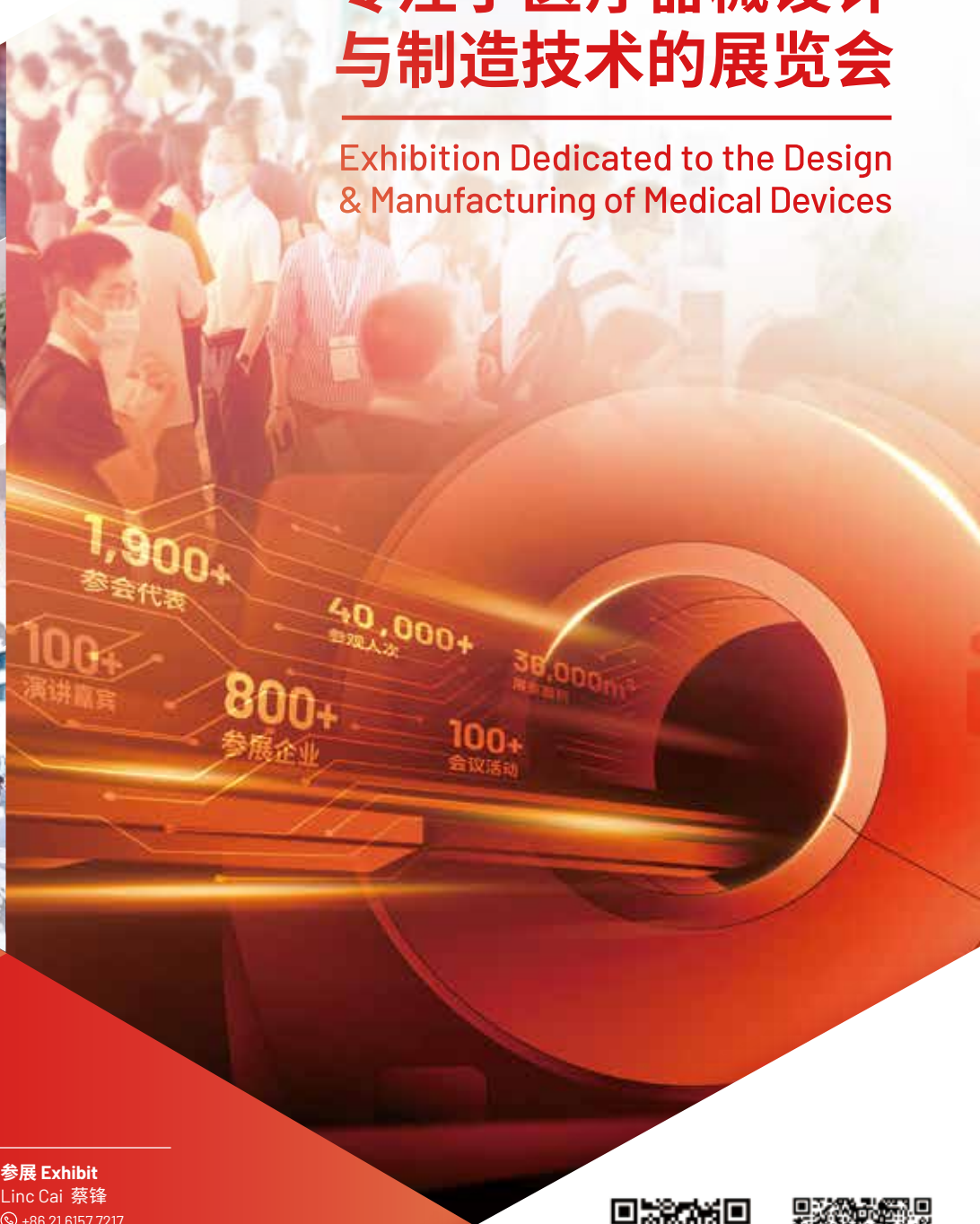
2023 6.1-3

苏州国际博览中心B1-G1馆

专注于医疗器械设计与制造技术的展览会

Exhibition Dedicated to the Design & Manufacturing of Medical Devices





联系方式

参观 Visit
Sophia Xu 徐镭月
+86 10 6562 3307
Sophia.xu@informa.com

参展 Exhibit
Linc Cai 蔡锋
+86 21 6157 7217
Linc.Cai@informa.com

www.medtecchina.com

informa markets

扫码关注
微信公众号

扫码预登记
参观赢好礼



其短波长和短脉冲宽度的组合，可实现半导体和热敏塑料的浅层打标。高质量的圆形光束可实现紧密聚焦，提供具有更高对比度、高清晰特性的精确打标。

全新子系统激光重复频率可调范围 10~900kHz，激光功率可调范围 20%-100%。除了全面的扫描仪选择外，新的 PowerLine F QS 型号还可配置其他硬件 / 软件选项，包括用于触觉式 3D 打标的 SmartMap3D。

Coherent高意，www.coherent.com

光至科技30W固体紫外激光器

光至科技推出 30W 高功率固体纳秒紫外一体式激光器，打破国外高功率固体紫外激光器的技术垄断。



该激光器采用优越的泵浦耦合设计，增益晶体多级串联方式，实际出光功率高达 40W 以上，拥有超过 30% 的功率冗余。出厂前会经过严格测试，经过多轮热仿真与实践，最终设计出热稳定性最优的结构方案，保证激光器长期稳定运行。在结构上，采用一体化设计，比市面上高功率紫外激光器体积缩小 30%，便于集成安装。

光至科技，www.gzlasertech.com

光库科技激光雷达光源模块

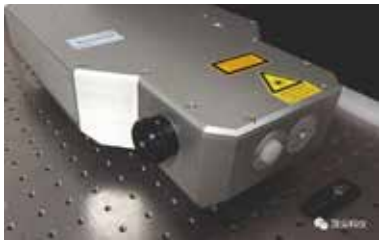
光库科技的这款激光雷达光源模块，脉冲宽度和重复频率均采用可调谐设计，可实现更高的脉冲能量和峰值功率。采用单模光纤输出，光束质量接近衍射极限。产品设计先进、技术前沿，具有行业领先的电光转换效率和稳定性。同时，公司也提供客制化光源模块服务。



光库科技，www.afrlaser.com

顶尖科仪用于硅隐切的1342nm纳秒激光器

IXDICE 1342 是一款高重频半导体泵浦固体激光器，波长为 1342nm。该款激光器结构更紧凑，重频范围 40~200kHz，脉冲稳定性高，能满足 24/7 工业加工应用。



主要特点包括高重频，提供图形用户界面、LabVIEW 函数库。应用领域包括硅隐切、硅加工、微加工、集成电路修整等。

顶尖科仪，www.psci.cn

大族光子单模可变光斑光纤激光器

大族光子自研独特的单模可变光斑（中心单模光束和外环光束可独立控制）技术，实现高斯光束到平顶光束的全套解决方案，可匹配多种应用场景，能有效抑制焊接时产生的飞溅。



产品采用单模环形 14/100μm 进行焊接，焊缝成形效果良好，热输入低，同时具有稳定性好、良品率高等特点。客户现场炸火率低于 0.1%，远优于常规激光器 2% 的炸火率。具有功率稳定度高、插座效率高、抗高反能力强等优点，还具有平台控制监控系统和新能源应用激光器专属功能。

大族光子，www.hansphotonics.com

ARCoptix小型傅里叶中红外光谱仪

ARCoptix 的 FT-IR Rocket 是一款高性能小型傅里叶红外光谱仪，既可以在自由空间工作，也可以使用红外光纤。有 2~6μm、1.5~8.5μm、2~12μm 三个光谱范围可供选择；灵敏度高；分辨率达 4cm^{-1}；在强度和波长方面有高稳定性；光纤耦合器可拆卸，用于使用光纤或自由空间红外光束。



适用于 MIR 激光和 LED 的中红外光谱分析仪（OSA）；液体、薄膜或气体的测量；地质、食品、饮料等领域的物料鉴定与定量。

ARCoptix，www.arcoptix.com

Advertiser	广告客户	网址	页码
AMTS 2023	AMTS 2023 上海国际汽车制造技术与装备及材料展览会	www.shanghaiamts.com	36
Ante Laser	安特激光	www.antelaser.com	13
Edmund Optics China	爱特蒙特光学 (深圳) 有限公司	www.edmundoptics.cn/033-8611	1
Medtec China 2023	第十七届国际医疗器械设计与制造技术展览会	www.medtecchina.com	38
Ophir Photonics		www.ophiropt.com/photonics	7
斯派特激光		www.sptlaser.com	17
2023 第22届中国国际（西部）光电产业成都博览会暨论坛		www.ccwpelaser.com	IFC
2023 慕尼黑上海光博会		world-of-photonics-china.com.cn	IBC

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)
Annie Liu (刘映妮)
anniel@actintl.com.hk

Jenny Li (李文娟)
jennyl@actintl.com.hk
Tel: 86 755 2598 8572

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

Wuhan (武汉)
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

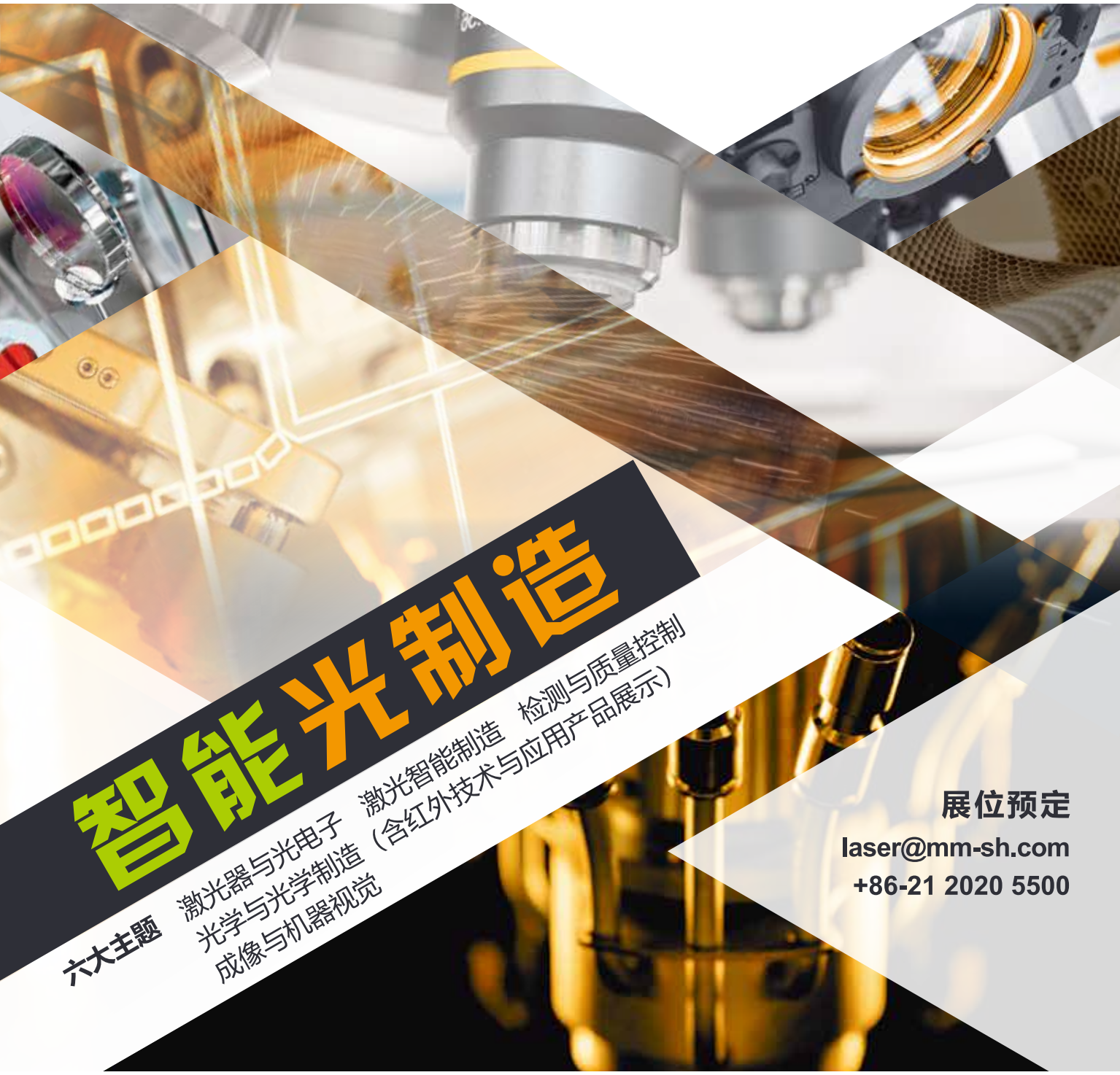
Europe & Middle East (欧洲及中东)

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

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

Connecting Global Competence

MESSE MÜNCHEN



智能光制造

六大主题 激光器与光电子 激光智能制造 检测与质量控制
光学与光学制造 (含红外技术与应用产品展示)
成像与机器视觉

展位预定

laser@mm-sh.com

+86-21 2020 5500

2023年7月11-13日 国家会展中心(上海)

扫码关注我们

world-of-photonics-china.com.cn

慕尼黑上海光博会

LASER World of PHOTONICS CHINA

STcon 2023 智慧技术暨应用大会 SMART TECHNOLOGIES & APPLICATIONS CONFERENCE

LaserFocusCon 激光聚会2023

激光加工加速国产化替代进程

国际局势动荡，导致中国制造业在众多领域遭遇的“卡脖子”问题，已经促使国产化替代成为了目前中国制造业发展的主旋律。激光作为一种先进的加工技术，在各种制造领域发挥着重要作用，从半导体到各种 3C 电子产品的各个制造环节，激光几乎无处不在，完成着切割、焊接、标记、测量等众多制造工艺。2023 年，雅时国际商讯（ACT International）将继续开展线上、线下研讨会活动，为行业上下游的企业和用户搭建交流互动的平台，促进激光技术在中国制造业中的落地应用。

6月14月 苏州站

激光技术助力3C电子/半导体制造

- EUV 光刻技术
- 激光用于晶圆的切割 / 标记 / 钻孔 / 退火
- 精密运动控制系统用于半导体制造
- 芯片微纳检测技术
- PCB / FPC 激光切割 / 钻孔 / 打标
- 手机屏 / 摄像头保护镜片切割
- 激光焊接在 3C 领域的应用
- 电子元器件的激光清洗
- 激光用于先进显示制造

主办单位

ACT 雅时国际商讯 ACT International

大会媒体

激光世界 LaserFocusWorld China

会议咨询

Hatter Yao 姚丽莹
Tel：86-139 1771 3422
E-mail：HatterY@actintl.com.hk

小镭助手
咨询参会

LaserFocusCon