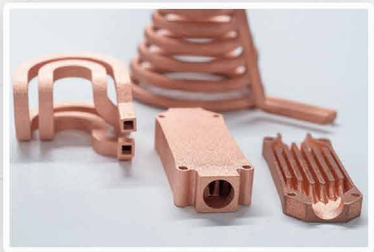
光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2020年9/10月 第5期
ISSN: 1817-6917

激光世界
LaserFocusWorld® China

通快增材制造系统:
TruPrint 1000
绿光版本

01 将绿光激光器与增材制造设备进行独特组合

02 打印出具有高品质和优异导电性的纯铜及铜合金工件



TRUMPF



扫描右侧二维码,获取绿光3D打印相关资料
联系方式: +86 (512) 5367 7105

硫系玻璃助力红外技术的新兴应用 28
使用飞秒激光器实现镍钛合金的精密切割 15
激光技术实现复合材料和金属之间的连接 25

ACT

ENDEAVOR BUSINESS MEDIA

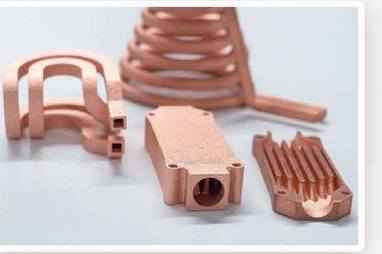
微信公众号

通快增材制造系统:

TruPrint 1000 绿光版本

01 将绿光激光器与增材制造设备进行独特组合

02 打印出具有高品质和优异导电性的纯铜及铜合金工件



TRUMPF

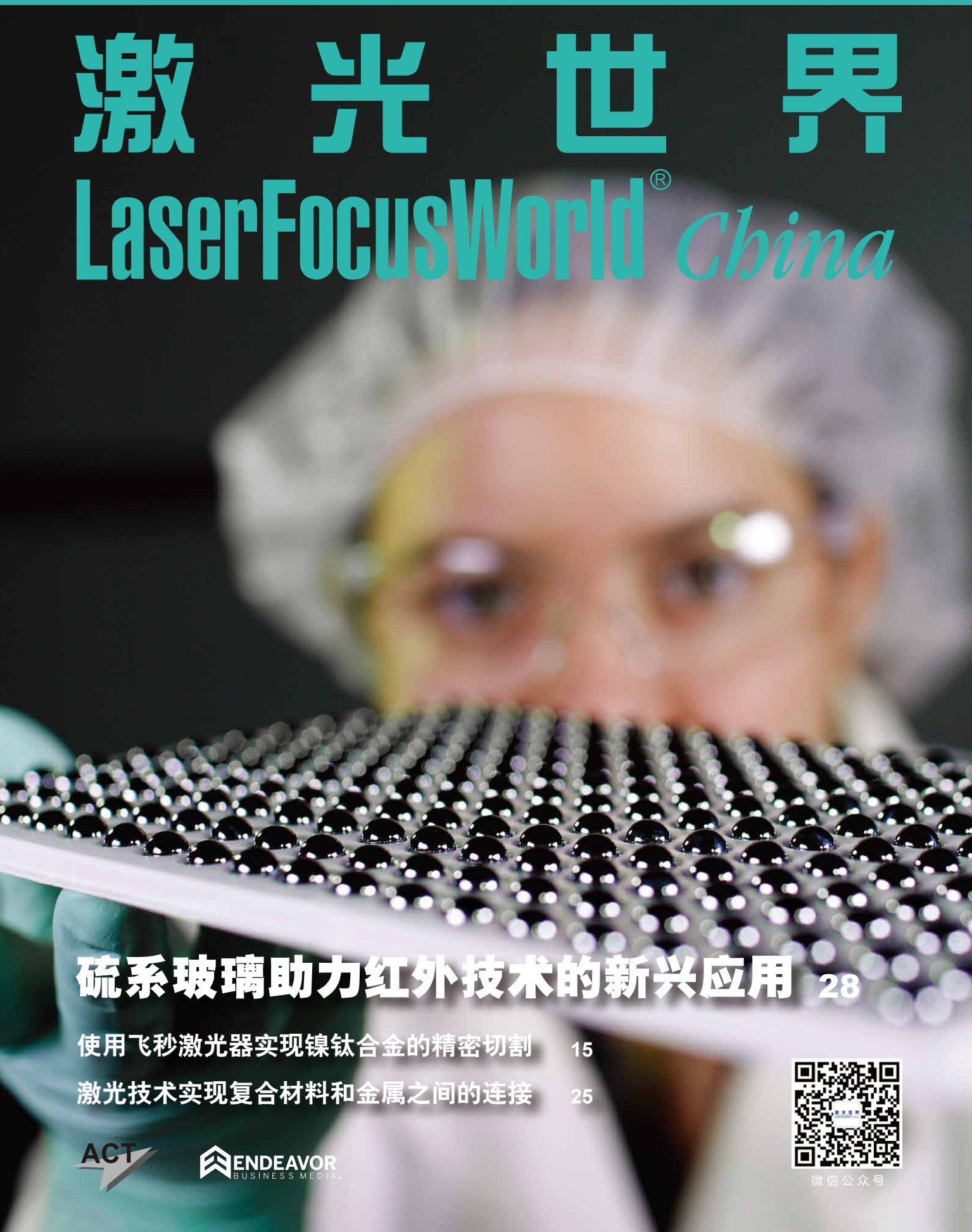


扫描右侧二维码,获取绿光3D打印相关资料

联系方式： +86 （512） 5367 7105

光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2020年9/10月 第5期
ISSN: 1817-6917

激光世界
LaserFocusWorld® China



硫系玻璃助力红外技术的新兴应用 28

使用飞秒激光器实现镍钛合金的精密切割 15
激光技术实现复合材料和金属之间的连接 25

ACT

ENDEAVOR BUSINESS MEDIA

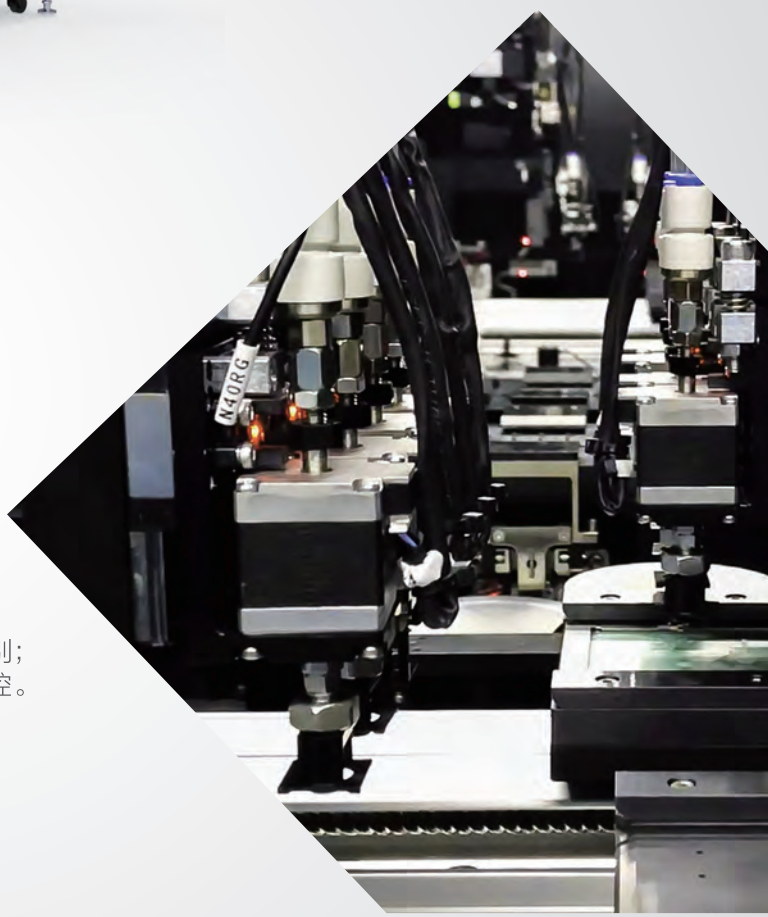
微信公众号

全自动FPCB基板激光切割机

切割好 • 切割精 • 切割快 • 切割全 • 切割稳 • 切割准 • 智摆放



双激光双工位同步高速精准切割
全自动切割、分板、摆放、自动上下料



「**切割好**」 切口截面无变色，不凸起；竖直切割无倒角；
切后分板更容易；紫外切割低烟尘。

「**切割精**」 综合切割精度±30微米; CCD定位精度<5微米。

「**切割快**」 UPH高达6000; 治具切换调试时间<2小时。

「**切割全**」 兼容多种PCB基板；不同产品间快速切换；
高效软件支持多种语言。

「**切割稳**」 定制化载盘，完美贴合产品；
全面防震设计，保障系统稳定可靠。

「**切割准**」 单相机定位，实现基板整体特征点与Mark点识别；
双相机实时跟踪，实现切割效果与摆盘动作监控。

「**智摆放**」 高速视觉系统实现不良品分拣；
4PNP模组16吸嘴实现高速高精度摆放。

UPH	定位精度	切割光斑	切割精度	激光功率	机台功率	供电电源	设备尺寸(mm)
6000	<5μm	Φ=12μm	±30μm	18W	≤5KW	AC380V	2500×1700×1900

股票代码 688025
深圳市杰普特光电股份有限公司
www.jpt-hipa.com
hipa_sales@jptoe.com



光无源器件快速扫描测试系统

快速、精准、稳定获取WDL&PDL数据
优化WDM和高Q光子器件光谱特性的测试
支持多工位、可大大降低设备的投资成本

FREE DEMO



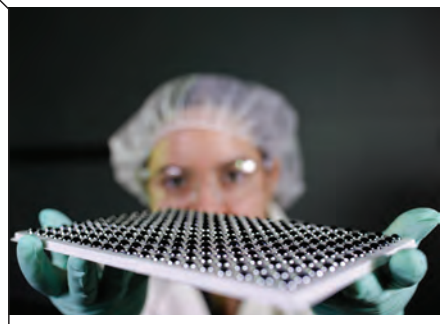
Visit us at CIOE 2020
Booth #4A53

santec The Photonics Pioneer since 1979

www.santec.com.cn

微信公众号

官网



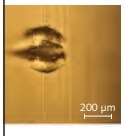
市场观察

10 医疗保健行业将为金属3D打印市场贡献最大收入

11 2020-2027年，全球光子学市场复合年均增长率达7%

应用天地

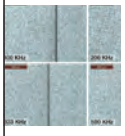
12 超快加工



超快激光加工聚合物多芯光纤促进生物医学传感应用

飞秒激光加工塑料多芯光纤，可以在单根光纤上产生多个光输出点，每个光输出点都可以被单独激发。

15 超快加工



使用Spirit™飞秒激光器实现镍钛合金的精密切割

适用于植入性医疗器械制造的镍钛合金材料，对加工过程中产生的热量非常敏感，飞秒激光实现了镍钛合金的高产能、高质量冷加工。

18 光学制造



灵活的大批量芯片键合解决方案瞄准现代光子学制造

用于5G无线和400G+数据中心及骨干网络应用的光学组件的大批量、高混合生产特性，要求灵活的贴片机平台具有±1.5μm的精度。

22 增材制造



多功能零件的增材制造

Fraunhofer IKTS开发出了一种多材料喷射系统，可以将不同的材料组合在一起，以增材制造的方式制成一个零件。

28 封面故事

硫系玻璃

硫系玻璃助力红外技术的新兴应用

随着市场对高质量红外玻璃的新需求以及该类产品日益增多，红外光学系统正向小型化、轻便化发展，并且不需要内部冷却。

25 激光焊接

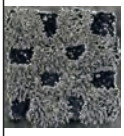


激光技术实现复合材料和金属之间的连接

一种结合激光技术的连接工艺，在金属板和塑料之间实现了高度可靠的连接。

技术中心

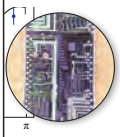
31 增材制造



在金属增材制造中通过改变激光参数控制不锈钢的磁特性

在激光3D打印中，通过调节激光的扫描速度和激光强度，改变熔池大小，进而改变打印的不锈钢的磁性能。

32 集成光子源



硅光子光子源对量子光学技术而言近乎理想

英国布里斯托大学的物理学家已经开发出了首款集成光子源，它有望用CMOS工艺实现量子光子学产品的大规模制造。

34 半导体激光器



半导体激光器促进手持式激光医疗仪器的发展

高光束质量、多种波长可选以及尺寸紧凑的半导体激光器，正在促使激光医疗仪器趋于小型化，走向大众消费市场。

38 访谈



在高光谱成像的赛道上不断追逐

——访Altria公司高光谱成像科学家Amrita Sahu女士

6 编者的话

7 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。

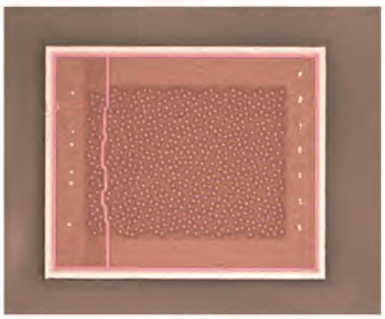
扫一扫 免费下载电子书

EVERBRIGHT
心所往 · 光所至

中国激光芯，光耀美好生活

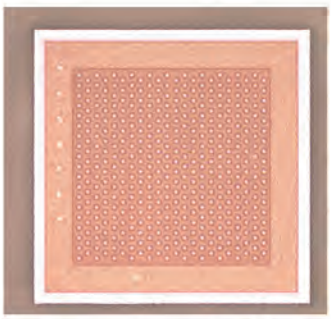
长光华芯完全自主高效率VCSEL芯片

长光华芯拥有外延设计和生长、芯片制备、封装测试、光纤耦合模块、半导体激光系统等完整的研发、量产垂直工艺平台。



SL结构光

波长：940/850±10nm
输出功率：1.5 W



TOF飞行时间

波长：940/850±10nm
功率：2W、3W



距离传感器

波长：940/850±10nm
输出功率：10mW



3D感测



无人驾驶



智能安防



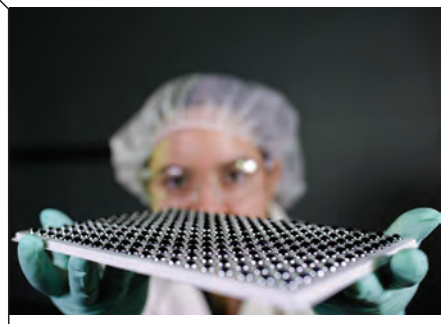
AR/VR

- 结构光（SL）、飞行时间（TOF）、距离传感器三大类产品；
- 拥有自主知识产权，已建成从外延生长、流片、测试、封装等完整6寸产线；
- 可提供定制化产品，新品迭代周期短，快速响应；

CIOE | 中国光博会

举办时间：9月9-11日
展位号：2号馆2B68
举办地点：深圳国际会展中心（宝安新馆）

定制需求请联系
苏州长光华芯光电技术有限公司
地址：江苏省苏州市高新区科技城昆仑山路189号2号厂房
邮编：215163
电话：+86-512-69372570
传真：+86-512-66806323
邮箱：sales@everbrightphotonics.com
网址：www.everbrightphotonics.com



28 COVER STORY

Chalcogenide Glasses

Chalcogenide glasses are the basis for emerging applications in infrared technology

New demand for and increased availability of high-quality infrared glasses enable optical designs that are smaller, lighter, and do not require internal cooling systems.

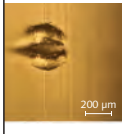
MARKET TRENDS

10 Healthcare industry to contribute the maximum revenue to metal 3D printing application market

11 Global Photonics Industry to Grow at a CAGR of 7% through 2027

APPLICATIONS

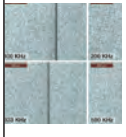
12 Ultrafast-laser Ablation



Ultrafast-laser ablation of polymer multicore fibers enhances biomedical sensing

Femtosecond laser micromachining of plastic multicore imaging optical fiber creates multiple exit points along a single fiber, each of which can be excited individually.

15 Ultrafast-laser Processing



Using Spirit™ femtosecond laser achieving precision cutting of Ni-Ti alloy

Ni-Ti alloy, which is suitable for implantable medical devices, is very sensitive to the heat generated in the process of processing. Femtosecond laser can realize high productivity and high quality cold processing of Ni-Ti alloy.

18 Photonics Manufacturing



Flexible high-volume die bonding solution targets modern photonics manufacturing

The high-volume, high-mix nature of optical components for 5G wireless and 400G+ datacenter and backbone network applications require flexible die-bonder platforms able to demonstrate ±1.5 µm accuracy.

22 Additive Manufacturing



Additive manufacturing of multi-functional parts

A team from the Fraunhofer IKTS has developed a Multi Material Jetting system that allows different materials to be combined into a single additively manufactured part.

25 Laser Welding



Joining Composites And Metal: A Laser Process

A connecting process combing with laser technology creates highly reliable connections between sheet metal and plastics.

TECHNOLOGIES CENTER

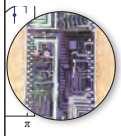
31 Additive Manufacturing



Laser control in additive manufacturing leads to magnetic patterns in steel

Varying the size of the melt pool in laser-based 3D printing changes the magnetic properties of the deposited steel.

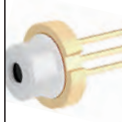
32 Integrated Photon Source



Silicon-photonic photon source is near-ideal for quantum-optical technologies

Physicists at the University of Bristol have developed the first integrated photon source with the potential to enable large-scale CMOS-process fabricated quantum photonics.

34 Laser Diodes



The use of laser diodes is leading to handheld medical instruments

High beam quality, many visible wavelengths, and compact size enable laser diodes to miniaturize medical instrumentation, leading to consumer versions.

38 INTERVIEWS



Keep running on the field of hyperspectral imaging

—Interview Amrita Sahu, a scientist in hyperspectral imaging from Altria

6 EDITOR'S NOTES

7 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.

全新一代



ProCutter 2.0 - 30kW 重磅来袭

MADE IN **GERMANY**

全新一代 **ProCutter 2.0** 高功率智能切割头，快捷、高效、表现力更佳更持久——最高功率 **30kW**。可切平面和管材；并以高品质加工从薄板至厚板的各种材料。



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

PRECITEC

普雷茨特天猫旗舰店配件产品火热促销中
打开淘宝扫一扫立享优惠

普雷茨特 激光切割的精益之道

欢迎莅临普雷茨特
中国工博会展台
国家会展中心 4.1H-E017
2020.9.15-9.19

www.precitec.com

飞秒激光走向工业应用

飞秒激光因为脉冲持续时间短、热影响小而逐渐成为了高端精密加工中必不可少的工具，过去这项更多地用于科研和眼科治疗领域的激光技术，伴随着技术和市场的不断发展，现在正快速走向更广阔的工业应用市场。

镍钛合金是非常适用于医疗器械制造的一种材料，由于其生物相容性和形状记忆等特性，被广泛应用于制造血管支架、心脏瓣膜框架等可植入医疗产品。但是由于镍钛合金对加工过程中产生的热量非常敏感，因而容易在加工环节或是后续使用过程中出现断裂情况。MKS Spectra-Physics 针对镍钛合金的切割需求提供的飞秒加工解决方案，凭借短脉宽和高脉冲能量，并配合适当的保护气体，实现了镍钛合金的高产能、高质量冷加工（p15）。

光纤是生物传感应用中的关键组成部分，在体内传感应用中，光纤的光传输和光收集能力依然急需增强。聚合物光纤因在成本、弹性及其探测高动态应变、温度、压力等物理参数方面的能力而受到关注。利用飞秒激光加工多芯聚合物光纤的侧面，使聚合物光纤中不同的纤芯能够在不同的位置发射光和收集光，能够增强新型生物传感器中光的传输和收集能力（p12）。

市场对红外成像应用的需求日益增多，特别是新冠疫情在全球的大量蔓延，曾使红外测温市场一度供不应求；另外防御疫情的常态化需求也让红外测温产品需求大增。此外，红外成像也在电力巡检、厂房设备安全监控等工业应用领域，展现出了巨大的发展潜能。在设计红外成像系统时，镜头材料也是一个必要的考量因素。在本期的封面故事中，作者介绍了硫系玻璃作为红外成像镜头在红外透光窗口、红外波段的色散、折射率温度系数以及生产加工等方面的优势，它为红外成像技术的快速发展提供了一方保障（p28）。

随着汽车、航空等行业向轻量化发展，金属和聚合物相结合的结构，成为了实现轻量化的理想选择。但是，如何将金属和聚合物这两种不同的材质连接到一起，并且能够提供想要的连接强度呢？在《激光技术实现复合材料和金属之间的连接》一文中（p25），作者介绍了一种将金属和聚合物“焊接”到一起的方法：先用激光在金属上加工出带有“咬边结构”的凹槽，然后通过加热使聚合物熔化，再施加一定的力将两者压合在一起，实现牢固连接。测试结果表明，两种材料结合处的强度足够牢固可靠。

另外，本期内容中还收录了增材制造（p10、p22、p31）、现代光子学制造（p18）、半导体激光器在手持式医疗仪器中的应用（p34）等内容，并且分享了对高光谱成像领域的女科学家 Amrita Sahu 的采访故事（p38），希望读者喜欢。❑

本刊编辑部

激光世界
LaserFocusWorld® China

中国/香港特别行政区 China / Hong Kong SAR
电话 (852) 2838 6298
传真 (852) 2838 2766
地址 香港九龙长沙湾青山道478号 百欣大厦13楼B室
出版总监 麦协林 Adonis Mak
电邮 adonism@actintl.com.hk
社长及副总裁 麦协和 Mark Mak
电邮 markm@actintl.com.hk
中国区总经理 徐旭升 Michael Tsui
电邮 michaelt@actintl.com.hk
中国版主编 庞会荣 Rossie Pang
电邮 rossiep@actintl.com.hk
记者 胡婴 Lily Hu
电邮 lilyh@actintl.com.hk
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 8571
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

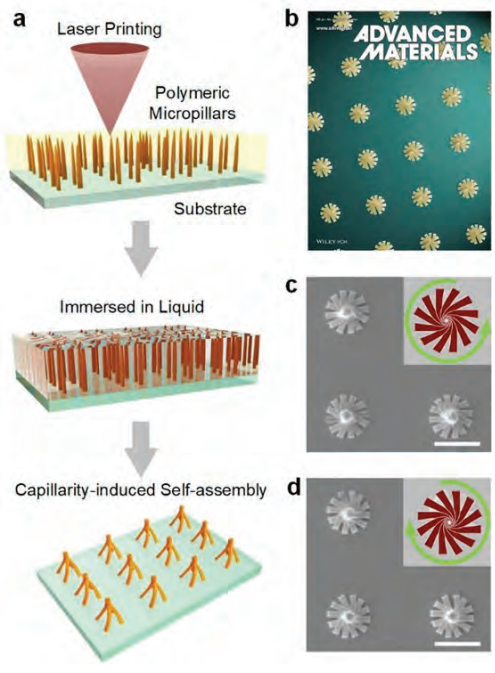
ISSN 1817-6917
© 2020 版权所有 翻印必究

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

我国飞秒激光结合自组装复合加工技术获突破

近日，中国科学技术大学工程科学学院微纳米工程实验室，利用飞秒激光引导毛细力自组装复合加工方法，实现了手性可控三维微结构和三维金属纳米间隙结构的灵活制备，同时也实现了在涡旋光手性检测和高灵敏度生化检测方面的应用。

手性微结构在光学和力学等领域具有重要的应用潜力，可以用于构筑多种多样的光学和力学超材料。目前三维手性微结构的灵活、可控制备仍存在诸多困难。中国科学技术大学微纳米工程实验室在飞秒激光复合加工方面开展了长期的系统性研究。在前期工作中，他们通过将飞秒激光直写与毛细力自组装技术结合，开发了新型的飞秒激光复合加工方法，实现了复杂多层级聚合物结构的制备，并在微物体操纵、微粒制备、微光学、仿毛细血管微通道制备等多个领域开展了应用研究。



450nm激光照射下的磷酸盐玻璃

在前期工作的基础上，研究团队将飞秒激光直写与毛细力驱动自组装技术相结合，通过调控微结构的空间排布、结构尺寸等参数，引导毛细力的方向和大小，成功制备了多层级手性微结构，并展示了该方法高度的灵活性和可扩展性。

此外，该研究团队还利用这种飞秒激光复合加工方法，成功制备了三维金属纳米间隙结构，并实现了典型表面增强拉曼光谱 SERS 标的物 R6G 和抗癌药物 DOX 的高灵敏度检测。该研究为非平坦表面上构建金属纳米间隙结构提供了一种新方法，有望将基于微流体的表面增强拉曼光谱检测技术应用于精准医疗、实时在线检测等领域。❑

通快与弗劳恩霍夫研究所合作研究钣金加工 AI 系统

日前，通快与弗劳恩霍夫制造工程和自动化研究所（IPA）组成研究联盟，在未来 5 年内，将开发用于钣金加工的人工智能（AI）解决方案。

双方将增加在可解释人工智能（XAI）领域的研究活动，旨在令神经网络的操作具有可解释性，因为在这一领域的新发现有望提高钣金加工的质量、节省时间和降低成本。

该研究联盟将持续到 2025 年，10 名分别来自通快和弗劳恩霍夫制造工程和自动化研究所的研究人员将在联合项目中合作，该项目将在未来 5 年获得约 200 万欧元的资金资助。

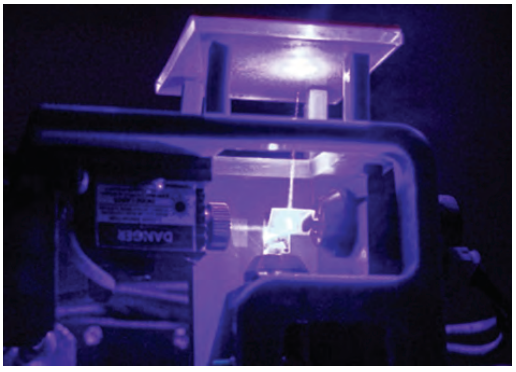
弗劳恩霍夫制造工程和自动化研究所主任 Thomas Bauernhansl 教授表示：“多年来，通快一直在互联制造领域与我们合作，因为他们和我们一样认为工业 4.0 的发展代表着一个重大机遇。一切都取决于未来几年发生的事情，所以现在是激动人心的时刻！我们预计，疫情将起到催化剂的作用：那些做好充分准备的人将完全有能力利用摆在面前的巨大机遇。很快我们就会看到我们是否为未来的联合项目奠定了正确的基础。”❑

哥伦比亚大学研发出新选择性激光烧结工艺，大幅推进增材制造技术发展

选择性激光烧结（SLS）是当今使用最广泛的增材制造工艺之一，它利用激光将粉末材料加热到微米级的颗粒融合在一起，形成固体。迄今为止，SLS 技术一直局限于一次只能打印一种材料。

为了能利用 SLS 打印多种材料，哥伦比亚大学的研究人员“颠倒”了整个工艺，他们倒置了激光，令其面向上而不是向下进入加热的打印床，从而消除了对粉末床的需要。

研究人员设置了多个透明的玻璃板，每一块都涂上一层薄薄的不同的塑料粉末。他们将打印平台降低到其中一种粉末的上表面，并引导激光束从板块下方向上穿过板块底部。根据虚拟蓝图，该工艺有选择地将一些粉末烧结到印刷平台上，形成预先编程的图案。然后用熔融材料将平台抬起来，移动到另一个涂有不同粉末的板上，在那里重复这一过程。这种方法允许多种材料合并成一层或堆叠在一起。它不需要大的粉末床，因为这种方法可以在单层烧结不同的粉末。



研究人员演示了他们的产品原型，用平均层高 43.6μm 的热塑性聚氨酯（TPU）粉末制作了一个 50 层厚 2.18mm 的样品，并用平均层高 71μm 的复合材料尼龙和 TPU 打印。这些部件既证明了该工艺的可行性，也证明了在烧结过程中通过向悬挂部分施以硬压板，可以制造出更强、更致密的材料。

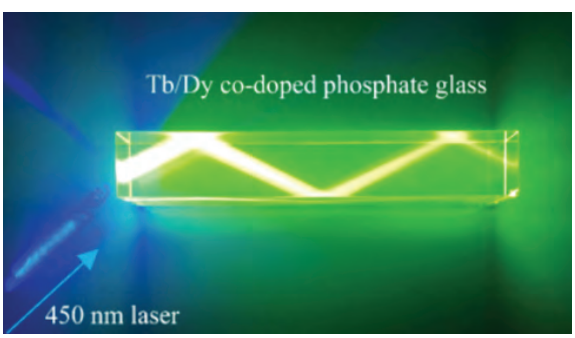
目前，研究人员正在用金属粉末和树脂进行实验，以便直接生成比传统 SLS 系统具有更广泛的机械、电气和化学性能的部件。❑

上海光机所提出用磷酸盐玻璃作为可见光激光材料的新方案

近日，中科院上海光机所高功率激光单元技术实验室提出一种基于稀土离子 Tb^{3+} 掺杂磷酸盐作为绿光激光材料的新方案。

稀土离子 Tb^{3+} 掺杂材料的可见光发光，在显示技术、可见光通信和激光医疗领域具有应用潜力。氟化物玻璃因其低声子分布而被广泛用作增益光纤的主体材料。然而，化学和机械性能差、制造困难以及昂贵的成本限制了其发展，寻找新的玻璃基质材料是科研人员的研究方向和重点。

研究团队提出一种 Dy^{3+} 离子敏化的 Tb^{3+} 掺杂磷酸盐玻璃实现高发光效率、强化学和机械性能、制备工艺成熟的激光基质材料新方案。采用成熟工艺，制备出光学性能好、物理化学性质稳定的稀土掺杂磷酸盐玻璃，为制备光纤奠定基础；同时，利用 Dy^{3+} 离子敏化 Tb^{3+} 离子，克服 Tb^{3+} 在蓝光波段吸收弱的缺点，增强其可见光发光效率。



低损耗铌酸锂光波导制备过程示意图

实验发现，在磷酸盐玻璃中，Tb^{3+} 离子的光学 J-O 参数 Ω2 和 Ω4/Ω6 可分别达到 $21.60\times10^{-20}cm^2$ 和 0.73。浓度为 0.5mol% 的 Dy^{3+} 离子敏化 Tb^{3+} 离子，425nm 泵浦光的能量转移效率高达 55%，541nm 的发光强度增强高达 4 倍。实验中测得绿光的寿命达 2.86ms。

该项研究工作得到国家科技部重点研发项目、国际科技合作重点项目、上海市科学技术委员会、国家自然科学基金、国家自然科学基金国际（地区）合作交流项目、中科院国际人才计划的支持。❑

II–VI推出L45激光研磨系统，可用于超硬材料加工

日前，II-VI 公司宣布推出一款 L45 激光研磨系统。该系统可用于加工超硬材料，如聚晶金刚石（PCD）、聚晶金刚石复合片（PDC）、合成金刚石和反应粘结陶瓷。

近年来，市场对由超硬材料制成的工业产品的需求快速增长，这推动了对金刚石基材采用高效表面处理方法的需求。II-VI 推出的新型 L45 激光研磨系统，正在为其工艺申请专利。当今的材料中金刚石含量持续增加，导致电导率下降，不利于采用传统的电火花加工工艺（EDM），而新型 L45 激光研磨系统是现有电火花加工方式的有效替代方案。



II-VI 公司激光设备和系统业务部高级副总裁 Karlheinz Gulden 博士表示：“我们预计 L45 激光研磨系统的整体效率是 EDM 系统的两倍，生产出的成品缺陷更少，耗材也更少。这种高效且环保的特点，将使 L45 激光研磨系统成为对超硬材料产品制造商而言极具吸引力的解决方案。”

L45 激光研磨系统通过直观的图形用户界面，使编程变得更加容易，并且可以在无人值守的情况下连续运行。该系统符合欧盟和美国食品和药物管理局安全法规。❑



basiCube14 –
为您的激光标记量身定制

SCANLAB，激光偏转扫描业界的领跑者，为您带来最新作品

- 适用于 355 nm, 1064 nm, 10600 nm
- 每秒 600 高质量字符
- 超小型
- 具吸引力的性价比
- 德国设计和制造

更多详情 - 欢迎莅临!

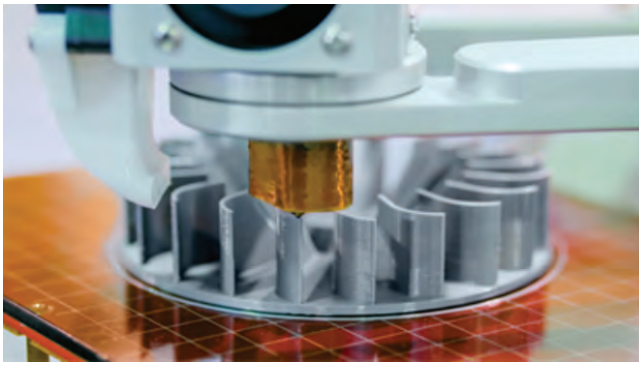
www.scanlab.de

SCANLAB
innovators for industry

医疗保健行业将为金属 3D 打印市场贡献最大收入

文/LFWC

多年来，制造过程已经经历了一场剧烈的转变，市场对加工零件的要求也从简单变为复杂，这导致制造工艺和所用的材料随之发生了大量变化。然而，随着市场对更复杂的机床和其他零件的需求的增加，成本仍然是最主要的竞争焦点，而成本的居高不下仍然阻碍了市场的发展。



随着增材制造（也称 3D 打印）技术的出现，制造商已经能够生产出具有成本效益的创新设计。尤其是在制造零部件时，使用金属 3D 打印技术能为公司节省大量成本，同时减少环境排放，并且金属还可以回收利用，因此 3D 打印技术是一项具有创新性和可持续性更好的技术。

根据《全球金属 3D 打印报告》中的市场情报，2019 年全球金属 3D 打印的市场规模为 3.78 亿美元，预计在 2020 年至 2025 年的预测期内，该市场的复合年增长率将达到 24.41%，到 2025 年，市场规模将达到 7.388 亿美元。

目前，金属 3D 打印已经广泛应用于多个行业，包括航空航天和国防、医疗保健、汽车、通用工程、工具和模具制造以及建筑等行业。

航空航天与国防市场

在金属 3D 打印的各个应用领域中，航空航天和国防部门在 2019 年的所有其他应用领域中，贡献了最大收入额。这一贡献可以归功于通过金属 3D 打印技术能够开发出高度复杂的几何形状，而传统的制造工艺是无法实现的。

推动金属 3D 打印技术在航空航天和国防工业市场中增长的主要因素包括：复杂零件的开发周期变短、设计复杂金属零件的能力、通过整合设计减少装配时间和成本、公司内部零配件开发、轻量型零件的设计与制造。以上这些要求，不得不迫使企业提高效率，并在制造过程中进行严格的质量监控。

医疗保健市场

该研究还显示，预计在未来几年，金属 3D 打印技术在医疗保健行业的应用将出现增长，并且该细分市场所贡献的收入额，将在所有应用市场中占据最高比例。金属 3D 打印技术可用于开发医疗保健行业中的基本医疗设备，包括牙科框架、手术工具和生物植入物等。医疗保健行业中使用的一些最常用的金属 3D 打印材料包括钴铬、钛和不锈钢，它们分别针对不同的应用。

汽车市场

汽车行业对金属 3D 打印技术的需求也在增长。一些汽车公司，如布加迪汽车股份有限公司正在为威龙（Veyron）和奇隆（Chiron）车型生产钛制动卡钳。这些零部件的使用将会大大减轻车辆的重量，并且缩短了为车辆添加不同部件的周转时间，从而让客户从中受益。零件的快速内部生产，是汽车行业越来越多地采用金属 3D 打印技术的主要原因之一。

最后，由于金属 3D 打印技术能够打印各种复杂多变的产品和结构，因此预计未来几年内，该技术在其他行业的应用也将呈现出增长势头。❑

2020–2027 年，全球光子学市场复合年均增长率达 7%

市场研究机构 Reportlinker.com 发布的最新报告预计，2020-2027 年间，全球光子学市场将以 7% 的复合年均增长率增长，到 2027 年市场规模将达到 50 亿美元。

LED 是报告中分析的细分市场之一，预计该市场将以 6.1% 的创纪录的复合年均增长率增长，并将在 2027 年达到 864 亿美元的市场规模。在对“新冠病毒及其引发的经济危机为商业带来的影响”进行早期分析后，分析师将激光器、传感器、探测器和成像设备市场在下一个 7 年中的复合年均增长率调整为 6.7%。

美国市场估值1788亿美元，中国年均增长6.5%

到 2020 年，预计美国的光子学市场规模将达到 1788 亿美元。中国是世界第二大经济体，预计到 2027 年其光子学市场规模将达到 1701 亿美元，2020-2027 年间的复合年均增长率为 6.5%。其他值得关注的地域市场还包括日本和加拿大，预计这两个市场在 2020-2027 年间的复合年均增长率分别为 6.5% 和 5.7%。在欧洲，预计德国的复合年均增长率约为 5.7%。

光通信系统和组件市场复合年均增长率达7.9%

在全球光通信系统和组件市场，美国、加拿大、日本、中国和欧洲将推动该市场以 8% 的复合年均增长率增长。2020 年，上述几个地域市场的总市场规模为 1262 亿美元，预计到 2027 年该数字将达到 2157 亿美元。在这些地域市场中，中国仍将是增长最快的国家之一。在澳大利亚、印度和韩国等市场的推动下，预计到 2027 年，亚太地区的市场规模将达到 1121 亿美元。❑

光学引领未来™



爱特蒙特光学(深圳)有限公司
中国深圳市龙华工业东路
利金城科技工业园3栋5楼，518109
Tel: +86 (0755) 2967 5435 Email: chinasales@edmundoptics.cn

新品

激光光学元件产品目录！

Edmund Optics® 2020 激光光学元件产品目录 - 2020全新激光光学产品目录是一份激光光学解决方案的资源手册，共164页。其中专业教程篇幅多达50多页，此外各种精密光学元件产品介绍附带计算公式和技术术语也涵盖其中。这些宝贵的资源均旨在助您全方位了解激光光学元件的各种复杂性。

关注公众号

电子版已同步上线

Edmund optics | china

欲了解更多信息，请点击此处:
www.edmundoptics.cn/090-8614

超快加工

超快激光加工聚合物多芯光纤促进生物医学传感应用

飞秒激光加工塑料多芯光纤，可以在单根光纤上产生多个光输出点，每个光输出点都可以被单独激发。

文/Harikumar K. Chandrasekharan, Eunan P. McShane, Kevin Dhaliwal, Michael G. Tanner, Robert R. Thomson

光纤技术的进步使众多领域发生了革命性的变化，如生物医学和医疗保健领域。光纤是现代医疗设备的主流组件，实现了有效的诊断、治疗和监控。然而，尽管光纤技术在新型生物传感器方面做出了卓越贡献，但在体内传感应用中，光纤的光传输和光收集能力还急需增强。

虽然大多数光纤传感器和成像探针都是基于传统的玻璃光纤，但人们对于低成本的聚合物光纤越来越感兴趣。聚合物光纤固有的弹性及其探测高动态应变、温度、压力等物理参数的能力，使它们成为替代传统玻璃光纤的一种理想选择。

为了开发低成本、多用途、紧凑型以及能够用于分布式传感的光纤传感探针，可以用超快激光加工多芯聚合物光纤的侧面，使聚合物光纤中不同的纤芯能够在不同的位置发射光和收集光。这种经激光加工过的聚合物光纤，可作为发射 - 接收类元件，应用于新型生物传感器中，在所需位置实现多点光传输和光收集。

飞秒激光微加工

超快激光微加工是现代微加工技术中专门用来在材料中产生微结构的一种先进加工技术，可以用超快激光对聚合物光纤进行精密加工。如图 1a 所示，用中心波长为 1030nm 的飞秒激光（脉宽 360fs）在多芯聚合物光纤上进行空间选择性加工。

聚合物光纤被固定到三维移动平台上，实现高精度移动与控制。利用物镜将单脉冲能量约为 0.54μJ 的激光聚焦在聚合物光纤上。由于脉冲持续时间较短，聚焦到光纤表面的光斑峰值强度足以引起光纤材料的相变，从而引发烧蚀并最终形成烧蚀沟槽，如图 1b 和 1c 所示。

本实验装置可以有效地观察并控制超快激光在聚合物光纤上烧蚀形成的微结构。将 He-Ne 激光器的输出光耦合进聚合物光纤做近端照明，在聚合物光纤的远端用 CMOS 相机拍摄（相机 2）。由于聚合物光纤中的纤芯密集排列，激光加工会同时去除多个纤芯，形成圆锥状的结构（如图 1c 所示），这就使得从光纤中输出的光对输入的光高度敏感。

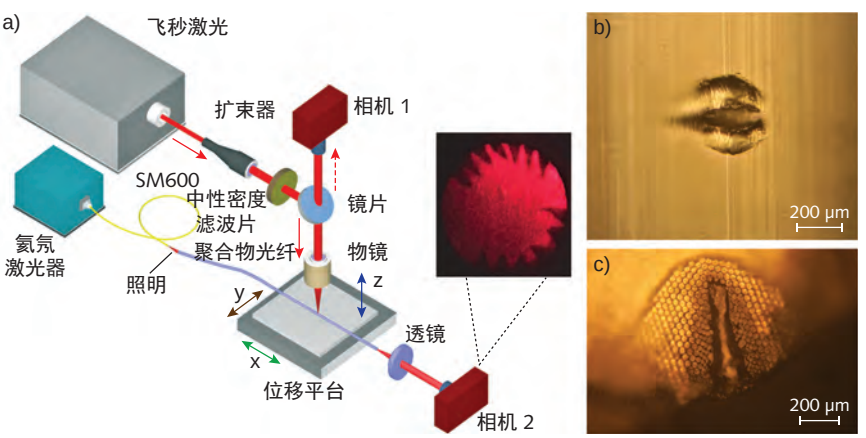


图1：超快激光微加工系统。首先利用扩束镜将激光束扩束，然后通过中性密度滤波片来调节激光功率。图（a）中的相机1用于光路准直，图（a）中插图为聚合物光纤远端轮廓，其轮廓带有明显的激光加工的微结构阴影。图（b）和（c）分别为激光在聚合物光纤上加工的微结构的俯视图和横截面图。

reci 热刺激光

高功率
光纤激光器

400 002 0565售后专线

多重抗高反能力 | 高可靠性、长寿命

电光转换效率高 | 免维护运行



▶ 热刺激光 www.recilaser.com 联系电话：86-10-6436 6506

关注我们

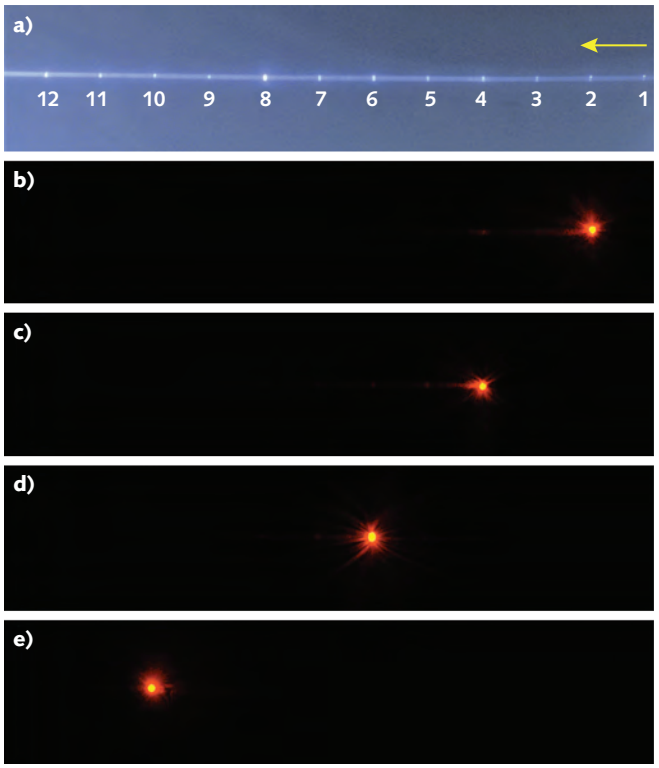


图2：在聚合物光纤近端白光全纤芯照明下，沿光纤分布的12个光输出点的图像，黄色箭头表示光传播的方向（a）。在单独耦合照明条件下，四个光输出点（分别为第2、4、6和10个点）的CCD图像（b-e）。

选择合适的加工参数，可以精确地选择和控制沿光纤不同离散点处，输出光斑的形状。通过对纤芯进行选择性照明实现单点光输出，是这种激光改性后的聚合物光纤的独特性能。

用单模光纤将 780nm 的激光耦合进聚合物光纤，这种单模光纤可以在聚合物光纤的端面 xyz 方向上平移，可以实现不同纤芯的选择性照明。然后用 CCD 相机对排布在光纤上 12 个微结构的切面进行成像，并优化每个结构的光耦合。在聚合物光纤近端全纤芯照明条件下，可以得到沿光纤分布的 12 个光输出点的图像（如图 2a）。通过对接耦合选择，也可以得到 4 个侧面光输出点的 CCD 图像（如图 2 b-e）。

光纤上每一个微结构输出的光斑形状，与纤芯上烧蚀坑的形状、及光的入射角密切相关。由于超快激光加工会同时烧蚀多个纤芯，因此在聚合物光纤的近端调节不同纤芯的输入光耦合，可以对微结构输出的光斑形状和光出射方向进行调谐。图 3a 和图 3b 给出了在两种不同的输入耦合条件下，从同一个微结构光输出窗口测量的出射光强度分布。

激光在光纤上加工出的微结构光输出点的另一个关键特性是，输出光与输入光的比值。使用一种光纤削减法，激光加工的微结构光输出效率在 55%-73% 之间，这是迄今为止报道的最高的光输出效率。未来的激光微加工系统，将进一步优化光纤和加工参数，以此提高微结构光输出点的输出效率。

生物学的潜在应用

这种拥有多个出射光点的光纤，将其优化后可集成到设备中，以实现一系列生物医学应用，如荧光、共聚焦成像、光生物调节、光学层析成像、医疗设备定位和 3D 光学相干层析成像（OCT）。光纤上离散分布的不同光输出点，在医学诊断中具有重要应用，它可以同时在一个器官或扩展的组织结构的不同点，实现光谱检测。例如将光纤集成到中心静脉导管中，放置在体内，就可以通过皮肤观察到沿导管长度方向的多点光输出。

这种光纤的直接应用是对体内医疗诊断设备的定位识别。在体内，光会被生物组织散射。而光纤中离散的发光微结构作为已知点，可以通过时间分辨成像技术被逐个定位。在体内三维相干层析成像中，多个定制化的工作平台可与光纤内的光输出点集成。这些工作平台由微透镜 - 棱镜组合而成，用于对目标进行自动三维照明和收集探测器的信号。未来的低成本多点光纤探针，将有可能取代微创手术中现有的一些传感器，应用到一次性导尿管和内窥镜等医疗设备中。❑

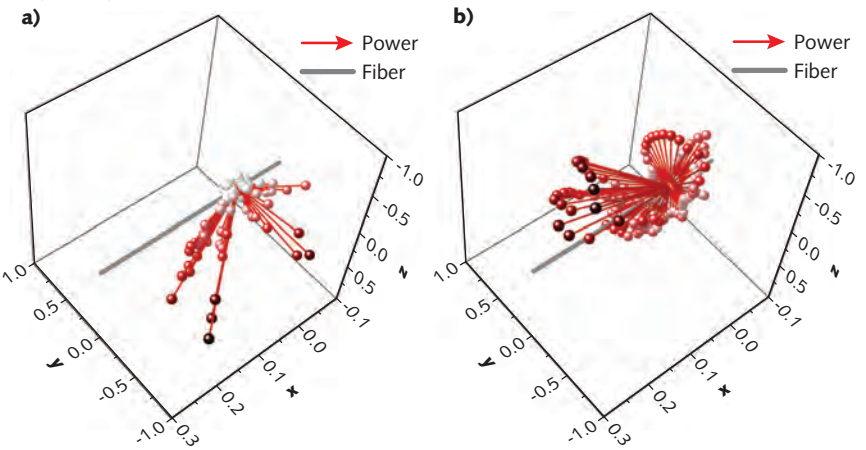


图3：在两种不同的光输入耦合条件（a, b）下，聚合物光纤中同一个微结构输出光的三维矢量图（横向和径向），坐标轴表示归一化的功率值。

超快加工

使用 Spirit™ 飞秒激光器实现镍钛合金的精密切割

适用于植入性医疗器械制造的镍钛合金材料，对加工过程中产生的热量非常敏感，飞秒激光实现了镍钛合金的高产能、高质量冷加工。

文/MKS | Spectra–Physics

适用于医疗器械应用的镍钛合金

我们知道一些金属合金会表现出超弹性和形状记忆行为。形状记忆合金（SMA）之所以具备这些独特的材料属性，是因为其能够在受到温度变化和 / 或外部负荷时，经历马氏体与奥氏体之间的相变，并在这些因素逆转时恢复。由几乎相同比例的镍和钛组成的镍钛合金，是一种具有极高生物相容性的形状记忆合金，这很大程度上得益于其出色的耐腐蚀性。

镍钛合金独特的属性，使其非常适合用于神经与血管支架、心脏瓣膜框架和正畸弓丝等现代可植入医疗器械。

镍钛合金的加工挑战

医疗器械技术的这些进步得以成为可能，不仅是由于镍钛合金的使用，还得益于用于制造这些器械的最先进的激光技术的进步。超短脉冲激光技术的使用尤其大有裨益，

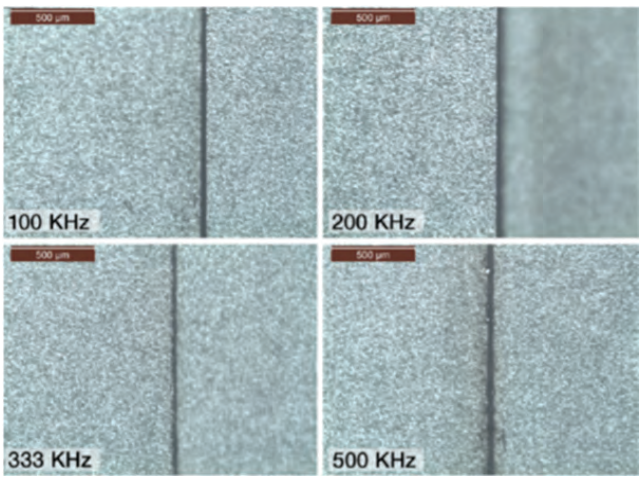


图1：0.2mm 厚的镍钛合金切口，采用不同的PRF，设定的平均功率为8W，切割速度为 2mm/s。

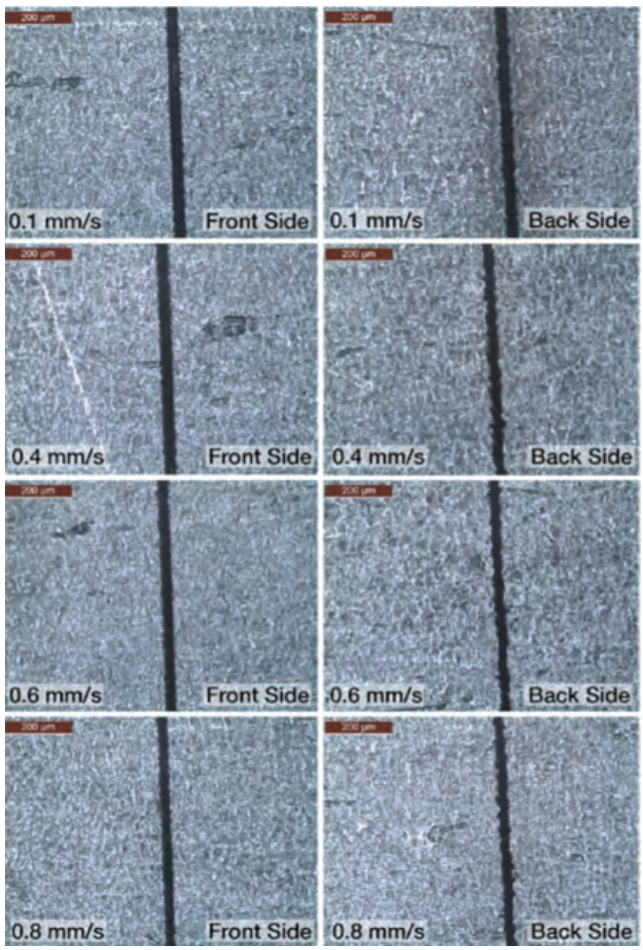


图2：0.5mm厚的镍钛合金切口，采用不同的切割速度，保护气体为氮气，PRF=100kHz，脉冲能量=80μJ。

因为形状记忆效应对器械制造（即切割）过程中的材料发热非常敏感。

很多早期的基于镍钛合金的医疗植入物，是使用更长脉冲宽度的激光器制造的，在使用中出现了体内断裂的情况，这很可能是因为材料疲劳和后续的破裂。镍钛合金对器械制造过程中产生的过度加热非常敏感，这使得飞秒激

光技术成为加工镍钛合金的理想选择，尤其是在先进医疗器械制造对质量有严苛要求的情况下。

飞秒激光的优势

针对医疗器械制造应用，在切割镍钛合金时，需要满足一些重要的要求：包括切口宽度窄、纵横比大、对周围材料的热效应低以及产能高。为了解激光加工参数对实现以上要求的限制，MKS Spectra-Physics® 工业应用实验室开展了一项研究。实验室使用 Spirit HE 1040-16 工业飞秒激光系统，在不同的脉冲能量、脉冲重复频率（PRF）、脉冲持续时间和保护气体参数下，对厚度为 0.2mm 和 0.5mm 的镍钛合金板进行了切割。

研究发现，切口的质量取决于脉冲能量、脉冲重复频率和镍钛合金板的厚度。板越厚，需要的脉冲能量就越高，因此需要的脉冲重复频率就越低。对于 0.2mm 厚的材料，以 200kHz 和 40μJ 进行加工是最佳选择；而 0.5mm 厚的材料则需要 100 kHz 和更高的脉冲能量（80μJ）。

研究发现，由切割速度定义的产能还取决于保护气体。与空气、氮气和氩气相比，氦气是总体表现最佳的保护气体。使用氦气时，以 0.8mm/s 的速度切割的 0.5mm 厚的镍钛合金板，切口边缘没有任何变黑或热效应。使用氩气时，尽管切割速度更快（最高 1mm/s），但切口边缘的背面质量仍出现了变黑的情况。使用空气和氮气时，最大切割速度明显更低，分别仅为 0.3mm/s 和 0.4mm/s。

采用不同保护气体时的切割速度 / 质量的差异，可能是因为光束焦点处等离子体动力学的差异。由于不同气体的击穿阈值不同，不同气体在焦点处发生的击穿强度也不同。图 3 显示了使用氮气和氦气作为保护气体时，焦点处



图3：使用不同保护气体时的空气击穿。

的击穿。

使用更长的脉冲持续时间进行切割时，产能和切割质量都会下降。使用最短脉冲宽度可实现最高的切割速度和最佳切割质量。在脉冲宽度为 337fs 时，使用氦气保护气体切割厚度为 0.5mm 镍钛合金，实现了 0.8mm/s 的切割速度；样品正面和背面的切割质量未出现任何变黑或热影响区（HAZ）。相比之下，使用脉冲宽度为 1ps 的长脉冲时，最大切割速度仅为 0.4mm/s，并且切口边缘背面变黑；研究人员在使用其他保护气体切割时，也观察到了相同的趋势。

用于医疗器械制造的镍钛合金切割，通常对切割质量和产能具有严苛的要求。在不改变材料独特的固有天然属性的情况下对材料进行加工，对更长脉冲宽度的激光器而言是一项 具有挑战性的任务。因此，飞秒激光器非常适合加工采用镍钛合金材料的先进医疗器械。凭借短脉冲宽度和高脉冲能量，Spectra-Physics Spirit HE 1040-16 工业飞秒激光器可为各种厚度的镍钛合金的高产能、高质量加工，提供最佳激光参数选择。

Spirit HE激光器

Spirit HE 工业飞秒激光器产品线，可以为需要稳定可

表1：Spirit HE系列激光器参数

	Spirit HE 1040-16	Spirit HE 1040-16-SHG	Spirit HE 1040-30	Spirit HE 1040-30-SHG
输出特性				
波长	1040 nm±8 nm			
输出功率	>16 W		>30 W	
脉冲能量	100 kHz时>120 μJ		250 kHz时>120 μJ	
波长(SHG)	不适用	520±3 nm	不适用	520±3 nm
输出功率(SHG)	不适用	在100 kHz时>6 W 在200 kHz时>8 W	不适用	在250 kHz时>15 W
最大脉冲能量(SHG)	不适用	100 kHz时>60 μJ 200 kHz时>40 μJ	不适用	250 kHz时>60 μJ
复频率[1,2]	100 kHz, 200 kHz或1 MHz		250 kHz或1 MHz	

1. 产品规格如有变更，恕不另行通知。如有额外的预校准重复频率要求，请联系Spectra-Physics。
2. 对于Spirit HE 16和Spirit HE 30，最大预校准重复频率为1 MHz。

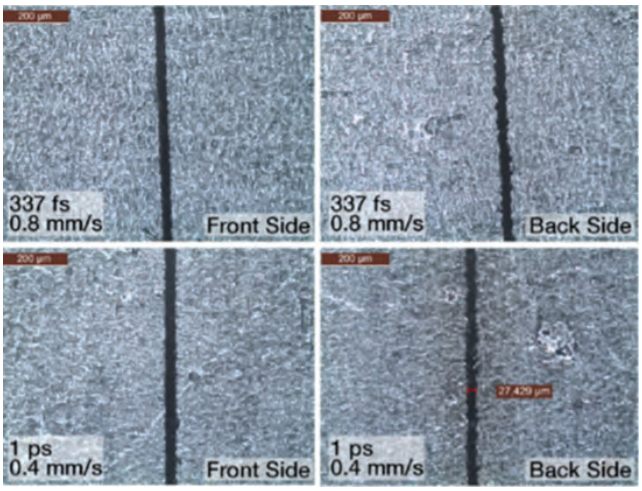


图4：0.5mm厚的镍钛合金切口，采用脉冲宽度为337fs和1ps的脉冲，保护气体为氮气，PRF=100kHz，脉冲能量=80μJ。

靠的全天候工作的应用提供高能量和高平均功率。Spectra-Physics Spirit激光器采用MKS开发的二极管直接泵浦技术，其构造简单且富有新意，具有真正无与伦比的性能。

Spirit 平台具有令人惊叹的通用性，可满足工业和科学客户的各种需求。高平均功率（>30W）和高脉冲能量（>120μJ），实现了具有高产能和卓越性价比的飞秒微加工应用。



图5：Spectra-Physics SpiritTM HE 1040-16 高能量工业飞秒激光器。

Spirit HE 激光器的高脉冲能量和宽泛的重复频率可调性（单脉冲 ~1MHz），使其成为医疗器械制造、材料烧蚀和高纵横比钻孔应用的理想激光源。Spirit HE 激光器的所有型号都提供集成的脉冲选择器，提供具有单脉冲选择能力的完全的激光输出控制功能，并能通过模拟输入信号实现快速的功率控制。这样可简化激光器的集成。作为可选项，突发脉冲串模式可提供更高的烧蚀效率，从而实现更高的产能。❑



光学制造

灵活的大批量芯片键合解决方案瞄准现代光子学制造

用于5G无线和400G+数据中心及骨干网络应用的光学组件的大批量、高混合生产特性，要求灵活的贴片机平台具有±1.5μm的精度。

文/Limin Zhou，MRSI Systems

未来五年，全球 5G 部署和数据中心应用预计将呈指数级增长。[1] 高性能光通信设备作为最关键的组成部分之一，市场对其需求必将增加。具体来说，这些关键组件正在支持 5G 无线前传，以及下一代以太网模块的发货，包括 2x200GbE、4x100GbE、400GbE 以及 CWDM/DWDM 收发器。[2]

新型高性能光学器件的这一主要市场增长已产生了新的要求，包括更小的封装外壳、更小的芯片 / 裸片、更高的封装密度、迅速的技术创新、快速的产品迭代、更大数量的制造，以及经济的价格。激光雷达、AR/VR 和高级光子传感器、MEMS 甚至是高度集成的硅光子器件，也需要新的要求。

这些器件制造中的最大挑战之一是：能否成功部署灵活的芯片键合解决方案，以满足具有高贴片后精度和良好长期稳定性的大批量生产的广泛需求。[3] 从历史上看，对于上一代光子器件，贴片后的精度已从 10~15μm 发展到 7~10μm，再到 5~7μm。最新一代的高性能光子器件需要小于 3μm 的贴片后精度，同时要求在大批量生产中不牺牲高产量或高灵活性，来实现多种类型的产品组合。

传统的用于大批量生产的半导体设备，可能具有高精度和高速度，但是不具有光子学设备所需的灵活性水平。也有一些专为光子学制造而设计的贴片机（die bonders），可能在精度、灵活性或速度方面有各自的优势，但并不是在所有指标上都有优势。

本文将介绍业界首款经过现场验证的、贴片后精度达 3μm 或更高的、高速、高灵活性自动贴片机（MRSI-HVM），其自身精度可达 1.5μm，适用于大批量和高混合型光学制造。

大批量、高混合型光子学制造的挑战

光学器件装配公差的发展趋势，要求具有较小装配公差的新一代光学器件，具有更高的贴片后精度（见图 1），因此需要更高精度的自动固晶机平台。

贴片后的精度不仅取决于机器的精度，还取决于芯片 / 裸片和衬底材料的公差，以及工艺变化。总装配公差的容许范围非常有限。机器精度越高，工艺变化越小，材料公差越高，组装工艺的产量就越高。为了达到 <±3μm 的贴片后精度，自动固晶机必须具有稳定的 <±1.5μm 的机器精度。这种小于 <±1.5μm 的精度，加上高速和高灵活性，对自动固晶机供应商来说曾是一项巨大的挑战。

对更小和更高密度组件的需求，可以减少光学器件的功耗，但是这也进一步增加了挑战。光学器件中较高密度的组件，需

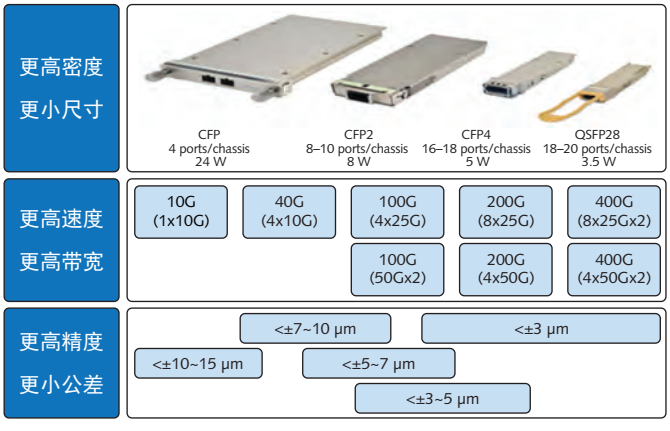


图 1：装配公差较小的新一代光学器件，需要更高精度的自动固晶机平台。

CASTECH®

福晶科技



全球先进的一站式超快方案供应商

- **激光光学元件**
  - 光栅
  - 啁啾镜
  - 高损伤光学元件
  - 超光滑镜片
  - ...
- **激光晶体**
  - Yb:CALGO
  - Yb:CaF_2
  - Yb:KGW
  - Yb:YAG
  - Nd:YVO_4
  - ...
- **激光器件**
  - 声光调制器
  - 高功率隔离器
  - BBO普克尔盒
  - ...

Visit us at

CIOE 中国光博会

展位号：5B33

2020.9.9-11

广东,深圳国际会展中心(宝安)

扫描二维码
了解更多信息
+86-591-83710533

要机器提供特殊的高精密顶部加热工具，以防在共晶工艺中相邻的芯片 / 裸片双重回流。这种高精密脉冲加热对于高密度光学器件非常有用，但是它也为自动固晶机带来了更多挑战。此外，与硅电子产品不同，光子芯片通常非常脆弱，因此精密控制键合力和高度也非常关键。[3]

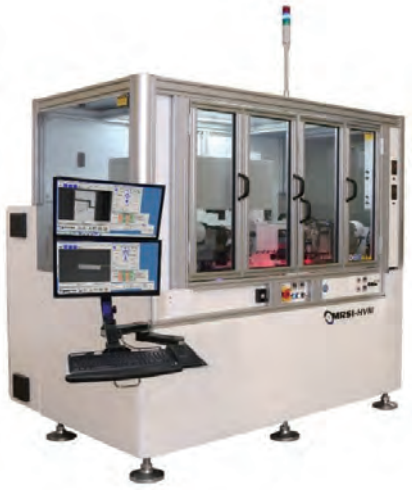


图2：MRSI-HVM芯片键合平台是为大批量、灵活地制造最新一代光子学器件而开发的。

在表 1 中，将传统的以电信为中心的业务模式和颠覆性的基于云数据中心的新业务模式相比较，[4] 表中说明了每个订单的大小和及时的产能提升对大型制造基地的需求，以及基于云的数据中心（DC）模式的成本敏感价格点。这意味着新的基于云的 DC 模式，需要某种被称为“弹性”大批量制造的能力。在 5G 时代，5G 前传类似于数据中心模型，而 5G 回传则类似于电信模型。

比较传统的以电信为中心的业务模式（左）和颠覆性的基于云数据中心的新业务模式（右），就不难发现：需要庞大的制造基地来满足每笔订单需求，及时增加产能，并且要满足基于云的 DC 模式所增加的成本敏感需求。

表1：以电信为中心的业务模式和以基于云数据中心的业务模式比较

新的基于云的数据中心模式	传统以电信为中心的业务模式
• 受控的运行环境 • 每3-5年升级 • 低光子学安装成本	• 严格的运行环境 • 器件寿命超过20年 • 光子学安装成本高
• 大批量 • 可预见性低 • 快速的项目增加和减少 • 快速创新 • 对光子学成本极为敏感（<$1/千兆每秒）	• 中低批量 • 良好的可预见性 • 缓慢的项目增加和减少 • 创新步伐缓慢 • 降低的对光子学成本的敏感性 (现场服务成本排名首位)

5G 中光学器件的长期趋势是，它们将成为高混合、快速增长的市场的一部分，该市场具有不同的带宽要求，包括对高速收发器的需求。由于 5G 和 DC 市场迅速的技术创新和快速的产品迭代，批量制造商将需要比过去更高水平的灵活性，这对光子学器件供应商来说是一项挑战。

1.5μm高速柔性贴片机

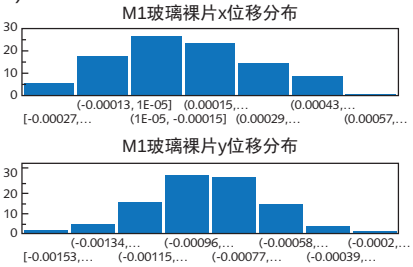
为应对这些挑战，美国 MRSI Systems 公司开发了 MRSI-HVM 芯片键合平台，该平台以业界领先的速度实现了 <±3μm 的贴片后精度，并具有高水平的灵活芯片键合工艺和长期稳定性（见图 2）。该解决方案旨在支持光子学行业最新的大批量柔性制造。

贴片机本身具有 <±1.5μm@ 3 sigma 的精度，能够实现 <±3μm@ 3 sigma 的贴片后精度。它采用“在执行过程中”更换工具的双键合头 / 平台设计，可以在一台机器上提供高速度，以适应不同类型的芯片键合工艺批量生产。

此外，该解决方案还可以是芯片键合单元，以支持光学器件柔性制造系统（FMS）中不同类型的芯片键合工艺，以及可以与其他制造单元链接，以实现自动化智能（AI）工厂的在线系统。

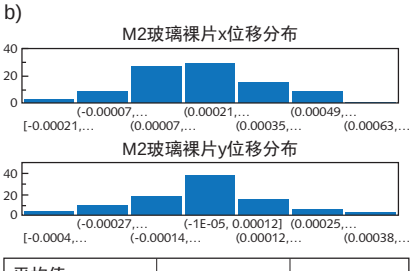
MRSI-HVM 是能够实现 <±1.5μm@ 3sigma 的唯一灵活高速自动固晶机。目前该设备在全球的装机量已经达到数十台，并且取得了出色的效果。MRSI-HVM 为增加 5G 和数据中心核心器件的产量和混合性，提供了最佳制造解决方案。

a)



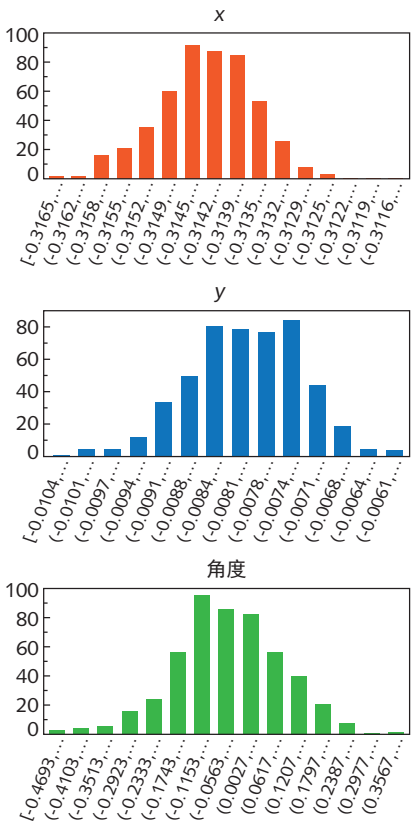
平均值	x	y
最大值	0.000620	-0.00150
最小值	-0.000270	-0.001530
平均值	0.000157	-0.000774
平均值	0.000890	0.001380
标准差 (stdev)	0.000186	0.000253
三倍标准差	0.000557	0.000758

b)



平均值	x	y
最大值	0.000750	0.000430
最小值	-0.000210	-0.000400
平均值	0.000249	0.000036
范围	0.000960	0.000830
标准差 (stdev)	0.000188	0.000170
三倍标准差	0.000563	0.000511

图3：M1（a）和M2（b）头的取放分布结果表明，两个头均满足了<±1μm@3sigma的精度。



COC	x	y	角度
最小值	-0.317	-0.010	-0.469
最大值	-0.311	-0.006	0.413
范围	0.005	0.005	0.883
平均值	-0.314	-0.008	-0.023
三倍标准差	0.0022	0.0022	0.40

图4：对于典型的载体上芯片（CoC）金锡（AuSn）共晶工艺，该解决方案在客户的生产工厂实现了优于±3μm的贴片后精度，具有500个数据点。

应用测试结果

使用标准玻璃裸片验证机器的精度。在测试过程中，从左侧头和右侧头拾取并放置 100 个玻璃裸片，以分别验证两个头的放置精度。左右侧头的取放分布结果表明，两个头均满足了<±1μm@ 3 sigma 的精度（见图 3）。该平台配置右侧加热头，也达到了相同水平的结果。

该解决方案在大批量生产环境中，对于典型的载体上芯片（CoC）金锡（AuSn）共晶工艺，在现场以业界领先的速度实现了<±3μm 的贴片后精度，具有 500 个数据点。生产中的测试结果表明，MRSI-HVM 贴片后可实现 X 方向上<±3μm@ 3sigma、Y 方向上<±3μm@ 3sigma 和 Theta 角<0.5 度 @ 3sigma 的高精度（见图 4）。

贴片后的数据显示<±3μm@3sigma 的精度。对环氧压印配置的取放精度与玻璃裸片相同，但后固化偏移取决于每个客户的每个工艺设计。如果将原位紫外固化用于环氧工艺，则固化后精度也可以实现<±3μm@ 3sigma。根据应用，该机器的产量可达到 1800 件每小时（UPH），并且已经在 24 小时不停歇地生产。

总之，受 5G 和数据中心应用的需求驱动，高性能光通信设备制造商正面临着巨大的挑战。制造的高产量、高混合性，要求使用可同时提供高精度、高吞吐量、高灵活性和高稳定性的单一组装设备。

现场应用结果表明，MRSI 创新的自动化解决方案和 MRSI-HVM 系列贴片机，可以应对这些挑战。特别是 MRSI-HVM 系统满足了光学器件“弹性”大批量制造的要求，并在生产环境中以 1.5μm 的机器精度实现了贴片后<±3μm@ 3sigma 的精度目标。❑

参考文献

1. See https://bit.ly/MRSIRef1.
2. See https://bit.ly/MRSIRef2.
3. Y. Qian, “Manufacturing Photonics: Challenges for photonics manufacturing in the new data center era,” Laser Focus World, 54, 8, 24–29 (Aug. 2018); https://bit.ly/MRSIRefer3.
4. L. Zhou et al., “High-power Laser Diodes: Die-bonder innovations target HPLD manufacturing challenges,” Laser Focus World, 56, 2, 21–24 (Feb. 2020); https://bit.ly/MRSIRefer4.

德国弗劳恩霍夫研究所用绿激光实现纯铜的增材制造

德国弗劳恩霍夫材料与光束技术研究所（IWS）使用绿光实现了纯铜材料的增材制造。

该系统使用波长 515nm 的高能量绿光碟片激光器，而非 1064nm 的红外光。之前的实验已反复表明，500W 红外激光不足以完全熔化铜，因为只有 30%的激光能量被铜吸收，其余能量都被反射掉了。使用最大功率为 500W 的绿光，铜粉吸收了 70%以上的激光能量，并完全熔化，因此可用于增材制造。

由于铜的导热性和导电性都非常好，若铜能适用于增材制造工艺，那将是一项重大改进。铜增材制造工艺的实现，为生产具有高度复杂几何形状的铜工件提供了新选择，这是用传统制造方法不可能实现的。增材制造的铜零部件比铝质零部件更具优势，这在需要小型设计和高性能的应用中尤其有吸引力。

IWS 已经可以设计和制造出具有优良导电性和导热性的纯铜元件，用于航空航天和汽车工业，以提高电机和热交换器的效率。❑

增材制造

多功能零件的增材制造

Fraunhofer IKTS开发出了一种多材料喷射系统，可以将不同的材料组合在一起，以增材制造的方式制成一个零件。

文/LFWC

3D 打印已经是当前工业中最重要的趋势之一。之前，3D 打印过程中使用的通常是一种材料，如钛合金、铝材料等。最近，德国弗劳恩霍夫陶瓷技术和系统研究所（Fraunhofer IKTS）的一个团队，开发出了一种多材料喷射系统，可以将不同的材料组合在一起，以增材制造的方式制成一个零件。这使得可以创建出具有组合属性或功能的产品。据悉这套新系统尤其适用于陶瓷和金属等高性能材料的 3D 打印。

因为 3D 打印技术是一层一层地建立出想要的产品，这使得能以精确的方式实现高度定制化的产品，并且这项技术还在不断改进升级。早期的 3D 打印材料以聚合物为主，后来又扩展到金属和陶瓷材料。

Fraunhofer IKTS 现在又向前迈出了一大步。研究人员已经开发了一种系统，能够基于热塑性粘合剂系统进行多材料零件的增材制造。这种工艺被称为多材料喷射（Multi Material Jetting，MMJ），它能将不同的材料及其各自的不同属性组合到一个单一产品中。“现在，我们一次可以处理多达四种不同的材料。”Fraunhofer IKTS 的研究员 Uwe Scheithauer 介绍说。这种工艺为各种不同的应用打开了大门，使得公司能够生产具有单独定义属性的、高度集成的多功能组件。



图1：多材料喷射系统（MMJ），能够制造出具有综合性能或功能的高性能部件。（图片来源：Fraunhofer IKTS）

一滴一滴制造产品

Fraunhofer IKTS 开发的这套新系统，在连续过程中制造零件。在第一步中，将制造零件的陶瓷或金属粉末均匀分布在热塑性粘合剂中。以这种方式生产的浆料被装入微计量系统（micro-dosing systems，MDS），以便开始实际的制造过程。

这些浆料在 MDS 中在大约 100℃的温度下熔化，产生一种能够以非常小的液滴形式释放的物质。IKTS 的研究人员还开发了相应的软件程序，以确保在制造过程中液滴的精确定位。MDS 系统以高精度、计算机控制的过程运行，将浆料一滴一滴地精确沉积在正确的位置上。MDS 系统能以高达 60mm/s 和 1000 滴 /s 的速度制造零件。浆料滴的尺寸在 300~1000μm 之间，形成的沉积层的高度（厚度）在 100~200μm 之间。

目前通过这种方式可制造的最大零件尺寸为 20cm × 20cm × 18cm。“该制造工艺种的关键因素是金属或陶瓷浆料的定制剂量。正确的配料是确保增材制造的最终产品，在随后的炉内烧结过程中具有所需的性能和功能的关键因素，这些性能包括强度、热导率和导电率等。”Scheithauer 说道。

内置点火功能的陶瓷卫星发动机

MDS 系统可用于制造高度复杂的零件，如卫星推进发动机中的点火

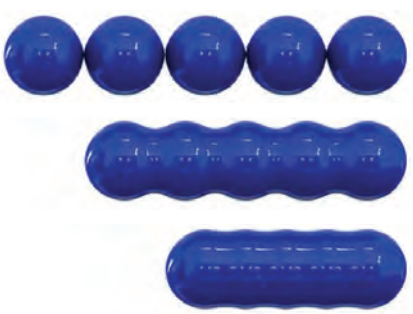


图2：高精度材料沉积，沉积速度可达每秒1000滴。（图片来源：Fraunhofer IKTS）

系统。卫星发动机燃烧室温度极高，陶瓷因耐热能力好而成为理想的材料选择。MMJ 可用于生产直接集成在发动机内的点火系统。该点火系统将导电区域和绝缘区域结合在一个非常坚固的部件中。在这种情况下，MMJ 工艺需要三个 MDS 系统：一个 MDS 系统用于制造支撑结构，其在炉内热处理过程中会分解；第二个 MDS 系统用于制造导电部分；第三个 MDS 系统用于制造电绝缘部分。MMJ 在消费产品市场中也有很多可以想象的应用，例如为个人客户定制一款双色的陶瓷手表外壳。

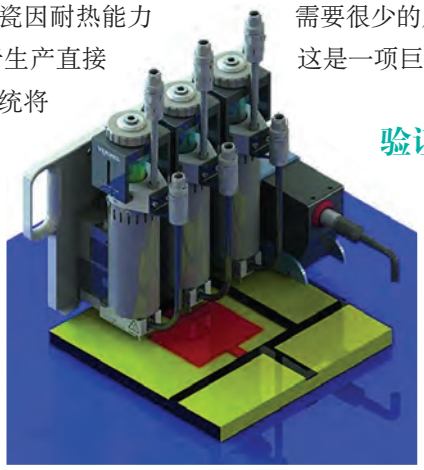


图3：微剂量给料系统（MDS）示意图。（图片来源：Fraunhofer IKTS）

由于其高精度和灵活性，MMJ 系统不仅仅适用于制造多功能部件。“例如，我们也可以用它来制造硬质合金零件的毛坯。由于给料系统的精度极高，使得坯料的轮廓已经非常接近最终产品的轮廓。因此，与传统的制造方法相比，利用 MMJ 方式制造出的零件，只需要很少的后续研磨处理。当制造硬质合金零件时，这是一项巨大的优势。”Scheithauer 解释说。

验证与商业化

Fraunhofer IKTS 的项目已经证明了这项技术在实践应用中也是可行的，并且也是可扩展的。该团队接下来要做的是验证这项技术在工业领域中的应用。除了硬件之外，Fraunhofer IKT 还可以帮助工业客户开发制造过程监控和自动化所需要的材料和软件。因此，Fraunhofer IKT 能以“一站式”的方式为客户提供所有支持，并且所有支持都是根据客户的特定需求而量身定制的。

对这项技术感兴趣的读者，也可以登陆网站（www.am-ceramics.dkg.de）参加 2020 年 9 月 16-17 日举行的在线 AM Cerametics meets CERAMITEC 会议，了解更多详情。❑

什么情况下，使用 3D 打印是制造零件的明智选择？

理论上，任何零件都可以通过 3D 打印制造，但实际情况并非如此。那么，什么情况适合使用 3D 打印技术呢？对此，通快公司的 Ramona HÖnl 给出了以下三种情况。

第一：不值得购买某种工具或模具

在制作原型时，并不值得购买额外的工具或模具。同样，如果生产少量定制零件或是替换零件，也不值得购买专门的工具或模具。此时，3D 打印可以节省时间和成本。唯一需要考虑的问题是：零件是否适合 3D 打印？是否有合适的材料可用？

第二：3D打印可以大幅提升零件的功能

轻量化组件在许多领域必不可少。如果想减轻零件重量，则应该考虑 3D 打印方式。

若希望优化某个零件中的流体或气体的流动，那么 3D 打印也是行之有效的选择。增材制造在设计自由度方面的固有优势，在设计和制造中可以放弃使用直线和矩形结构，而在这些结构中流动的空气可能会产生旋转。可以用粉末制造圆形和弧形等形状，它们不会阻碍任何地方的流动。



图：利用传统方法生产出这个涡轮机叶轮需要90个单独的零件。有了3D打印技术，它能以一个完整零件的形式制造出来，同时还节省了时间、材料和成本。（图片来源：通快）

如果想让零件快速冷却，也可以使用 3D 打印，在零件内部建立冷却通道。

第三：集成附加功能获得附加值

3D 打印能制造高度复杂的零件，并且制造中受到的限制也少得多。3D 打印的设计自由性，可以将两个组件合并为一个组件，或者是集成其他功能。如果您的设计适合使用 3D 打印，那么您几乎可以实现任何想法。

LaserFocusCon
激光聚会2020

动荡与机会并存
如何把握制胜商机

工业 4.0、中国制造 2025、5G ……为制造业带来了发展机遇，中国制造业处于向上发展的历史大潮中；然而，中美贸易摩擦影响持续蔓延，也为中国制造业带来了挑战。在这个机遇与挑战并存的关口，制造企业该从何处着手谋求长远发展？如何通过部署先进制造技术快速实现转型升级、让自身在市场竞争环境中拥有“硬本领”？激光，作为一种先进的加工工具，随着自身技术的不断提升和市场需求的发展，已经在制造业的发展中挥发着举足轻重的作用。

那么，最近激光在技术方面有哪些新的进展？这些新发展又将如何应用到制造业中、能为制造业带来哪些好处？为了让制造企业及时了解先进的激光加工技术、让激光技术厂商及时了解市场需求，由雅时国际商讯旗下的《激光世界》杂志举办的 LaserFocusCon 激光研讨会，将于 2020 年再次走进苏州、深圳，为制造企业和激光技术供应商，搭建面对面交流探讨的平台。

大会主题（拟定）

- 超快激光技术在精密加工中的应用
- 激光技术在全面屏精密加工中的应用
- 手持式激光加工系统现状、前景与挑战
- 激光加工在 5G 产业链中的新机会
- 数字光子制造提升 3D 打印效率
- 高功率光纤激光器的切割焊接应用
- 激光加工技术助力汽车轻量化
- VCSEL 激光器的市场机会

LFC2019 听众分析



会议规模

时间地点：深圳 · 2020年09月10日
苏州 · 2020年11月12日
目标人数：150-180名技术和管理人员

会议咨询

Hatter Yao 姚丽莹
T：86-21-62511200　E：HatterY@actintl.com.hk

激光技术聚焦峰会

主办单位
ACT

大会媒体
激光世界 LaserFocusWorld China
工业激光应用 INDUSTRIAL LASER APPLICATIONS · CHINA

关注我们
公众号

LaserFocusCon

激光焊接

激光技术实现复合材料和金属之间的连接

一种结合激光技术的连接工艺，在金属板和塑料之间实现了高度可靠的连接。

文/Andreas Thoss，THOSS Media首席执行官

金属和聚合物连接是理想的汽车轻量化结构。随着汽车轻量化结构的出现，碳纤维或玻璃纤维增强聚合物（CFRP 或 GFRP）等复合材料与金属部件的有效连接工艺问题，备受关注（见图 1）。这种不同材料之间的连接，对汽车工业中的安全性和功能部件至关重要。

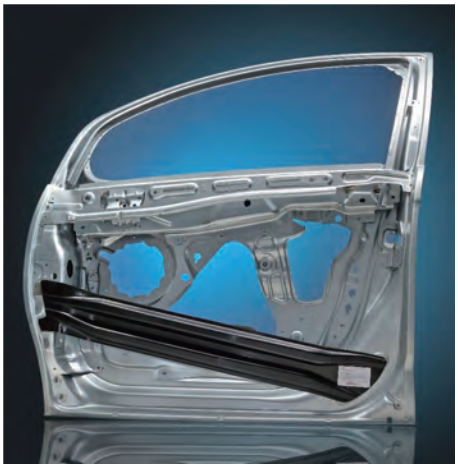


图 1：带有玻璃钢加固支撑的车门。（图片来源：Fraunhofer ILT）

汽车工业的要求很明确：连接过程必须快速、可靠和自动化。表 1 中列出了工业过程中连接复合材料和金属部件的三种最常见方法，其中激光焊接可能是最新的一种方法，当然它还有很多问题有待解决。这些问题不仅涉及效率，还涉及连接部分的强度和老化。本文将对这些问题进行详细探讨。

激光焊接技术基础

复合材料与金属零件的激光焊接过程主要分两步。第一步，用激光对金属零件进行处理，在其表面形成微结构。这个过程可以使用标称功率约 1kW 的连续波单模光纤激光器实现。激光扫描金属零件表面，以形成具有咬边几何形状的规则凹槽（见图 2）。

表1: 复合材料的连接方法

机械连接	胶接	激光焊接
优点: - 快速廉价的工艺 - 成熟的工艺 缺点: - 孔洞会破坏纤维和复合材料的强度 - 紧固件的附加重量	优点: - 各种不同用途的粘合剂 - 适用于复合材料的连接 缺点: - 需要大量的表面预处理 - 长时间处理 - 需要附加材料	优点: - 快速可靠的工艺过程 - 高接头强度 - 无附加材料 缺点: - 工艺必要性 - 仅限于热塑性塑料

由于激光束的高强度，金属在烧蚀过程中部分熔化和汽化。蒸发压力喷射出材料，部分溅射的材料凝固在槽的边缘，从而在槽上形成一定程度的咬边结构。为了使聚合物更多地结合在金属表面上，可以增加表面微结构的密度，例如，用激光束以 90° 角交叉扫描凹槽（见图 3）。

还有一种可以实现这种表面结构化的过程。这个过程可以使用超短脉冲（USP）激光来完成，以便形成带有锥形突起的海绵状表面结构。可以在钢、铝、硅和钛等多种材料上实现这种表面结构。聚合物在这种表面上的结合力，甚至比在光纤激光加工的微结构上要好。唯一的问题是 USP 激光器的加工速度较慢。一旦 USP 激光器达到千瓦级的平均功率（如另一个弗劳恩霍夫项目所预期的那样[1]），那么它们可能是用于复合材料连接的金属表面微结构化的更好选择。

在将复合材料与金属零件连接的第二步中，聚合物被加热直到熔化。然后，将聚合物压入金属零件表面的微观

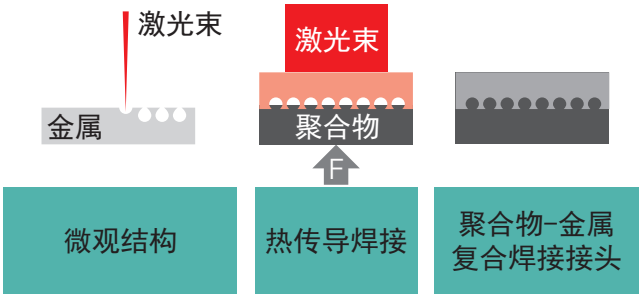


图2：金属和聚合物零件的激光连接工艺。



图3：整个过程需要几次扫描，直到槽具有合适的纵横比，以获得良好的抓合力。（图片来源：Fraunhofer ILT）

结构中，待冷却后，便实现了聚合物与金属零件之间的良好连接。加热聚合物也有不同的方法：一种方法是加热聚合物（就像在传统的注塑成型中那样），然后将其压入凹槽；而另一种方法是加热金属部件，并将其压在冷聚合物上。热传导使聚合物熔融，然后流入金属零件表面的微观结构中。这两种方法都能形成一种聚合物金属复合连接。

第一步的激光微结构化是一个快速和无接触的过程。实际的连接过程可以很好地融入现有的生产过程中，如注塑或冲压。因此，激光焊接方法总体来说是一个快速且经济的过程，非常适合大规模生产。

机械应力测试

在实际应用中，由金属和聚合物连接而成的复合零件，可能会受到多轴、同相或相移负载的影响。对于所有的应用，都会出现几个问题：这样的接头能承受多大的压力？它会在哪里破裂？这对连接过程意味着什么？

德国弗劳恩霍夫激光技术研究所（Fraunhofer ILT）的专家们进行了一系列的压力测试，目的是能用不同的材料来回答这个问题（见图 4）。在一个案例中，[2] 他们制作了一个测试样件，由 1.5mm 厚的不锈钢板和 3mm 厚的玻璃纤维增强聚丙烯（PP）条带组成，用于拉伸剪切测试，同时用非增强的 PP 进行拉伸测试。

用聚焦直径约为 40µm 的 1kW 单模光纤激光器对金属表面进行了处理，在金属表面形成了可重复的咬边槽结构。用 3kW 半导体激光器（功率约为 300 ~ 700W）加热聚合物零件，光斑尺寸为 7.5×25mm^2。施加 3bar 的夹紧压力使两个零件连接在一起。拉伸剪切测试样件（钢+GFRP）的连接面积为 150mm^2，拉伸测试样件（钢 +PP）的连接面积为 100mm^2。

对每种类型的五个样件进行了破坏性测试。在拉伸剪切载荷为 13.1MPa 的情况下，对 400µm 槽距的微结构连接强度进行测试；在拉伸剪切载荷为 15.5MPa 下对 300µm 槽距的连接强度进行测量。在拉伸载荷测试中，样件分别承受 5.1MPa（400µm 槽距）和 9.1MPa（300µm 槽距）的载荷。

显然，密集的微观结构具有更好的结合力，但应该注意的是，密集的微观结构会增加处理时间。研究人员对镁合金板进行了类似测试。[3] 所有测试结果表明，激光焊接技术能够在金属和聚合物零件之间建立牢固可靠的连接。

老化测试

汽车生产中的另一个问题是：这种连接是否能满足气候变化和腐蚀的要求？为了回答这个问题，研究人员进行了几项测试。他们对复合连接样件实施了标准气候变化循环和腐蚀测试程序。

在测试中，对由不同金属（钢和铝）和不同聚合物（PP/GF30 和 PP/T40）形成的样件进行了搭接剪切力测试。金属和聚合物之间的连接是利用激光技术实现的。气候变化测试根据 VW PV 1200 进行，温度在 80~-40℃之间变化。

一个测试周期为 12 小时，重复 2 次、10 次和 30 次测试周期。在气候变化测试前后，对样件进行破坏性拉伸剪切强度测试。所有测试结果显示，样件能承受的压力值在 8~15MPa 之间。测试中，还在连接区域之外发生了有趣的现象：在重复 30 次测试周期后，样件的连接区域之外的部分没能承受住强度测试。换言之，连接区域甚至比原来的聚丙烯材料更坚固。

在腐蚀性测试中这种现象更加明显。腐蚀性测试根据 VDA 621-415 进行 7 天的测试。该测试包括盐雾和高湿度条件。在测试之前，所有的样件都能承受大约 8MPa 和 15MPa 的力。腐蚀后对样件进行测试，所有 PP/T40 材料都在连接区域外断裂；GFRP 材料在连接区域内断裂，但强度高于腐蚀前。

钢样件显示出锈蚀，尤其是在微观结构区域。连接区域有明显的腐蚀渗透，但这对连接强度没有明显的影响。铝板在连接区域外的微结构区域也显示出腐蚀迹象，但在连接区域内没有。一个直接的结论是：应该避免任何开放的微结构区域。

测试表明，激光连接工艺可以在金属板和塑料之间建立高度可靠的连接。标准气候和腐蚀测试未显示对连接强度有影响。经过一段时间的老化，塑料本身而不是连接区域处断裂。应该避免金属上的开放微结构区域。❑

-2020-
武汉国际
汽车制造技术暨智能装备博览会

时间：2020年11月18-20日　地点:武汉国际博览中心

“2018中国（武汉）汽车制造业暨工业装配博览会”为契机推动湖北汽车工业的快速发展壮大，依托武汉市四通八达的区位优势，充分发挥汽车产业集群和带动作用，有力充当武汉建设国家中心城市的引擎，助推武汉稳步迈向“中国车都”。使之迈向全国，走向世界！.

集结精良装备　创高品质汽车之源







硫系玻璃

硫系玻璃助力红外技术的新兴应用

随着市场对高质量红外玻璃的新需求以及该类产品日益增多，红外光学系统正向小型化、轻便化发展，并且不需要内部冷却系统。

文/ Gernot Weber

几十年来，硫系红外玻璃（硫属化合物）一直被认为是“稀少品种”。对于依赖于红外波段的数量很小的一部分应用，现有的其他红外材料能够很好地满足应用，因此，市场对硫系玻璃的需求相当有限。市场的低需求限制了提供这类产品的企业的规模，同时这些企业也很难为他们的产品提供详尽的产品技术说明，或者难以提供可重复的、一致性的产品结果。另一方面，低迷的市场需求让企业并不愿意投入人力物力去开发新的硫系玻璃产品。

随着一系列潜在应用的出现，以及人们对更小、更轻、且不需要昂贵的内部冷却系统的红外设计越来越感兴趣，使人们对硫系玻璃产生了新的兴趣。因此，我们看到了新的市场需求、高质量硫系玻璃产品随之增多，产品的技术说明也更加全面(见图 1)。



图1：小型放大镜、标准白光干涉测量法和试镀法，用于深入检查肖特工厂制造的玻璃产品。

波长与应用的匹配

红外光谱通常分为三个光谱波段：短波红外、中波红外和长波红外。每个波段都各有优缺点，因此也都有各自适用的应用。

短波红外（波长约为 1~3μm）能产生最清晰的图像，因为它与可见光一样，光子会被物体反射、吸收和散射，从而产生高对比度，达到高分辨率。能够处理短波红外光的图像传感器往往非常昂贵。因此，基于短波红外的应用通常集中在高附加值的领域，如防伪、工艺质量控制、医疗成像和半导体制造等。

中波红外（波长约为 3~5μm）是测量温度变化的理想光源，并且能够避免大气散射。中波红外的器件往往需要内部制冷，因此价格更加昂贵。所以中波红外器件只应用在一些重要的领域，如国防（识别战斗机的排气）和工业热成像等。

长波红外（波长约为 8~14μm）的应用范围最广，特别是用于民用安全领域。长波红外相机主要用于物体表面温度的高精度测量。即使在很远或者很暗的地方，长波红外相机依然能探测到热辐射。长波红外相机的图像分辨率并不高，但是仍然能够满足一些应用的要求，如建筑物检查、热成像监视、个人夜视、消防员的搜索和救援以及其他低成本的非制冷系统等。

几年前，大多数红外系统一般只应用于军事和工业领域。如今红外成像系统的应用已经逐步拓展到其他领域。目前，红外系统在民用安全设备、商业消费电子产品和非接触式红外测温仪等应用领域拥有日益增长的市场潜力。目前全球范围内都在使用非接触式红外测温来防控新冠病毒（见图 2）。

由于短波红外和中波红外光学系统的应用需要配备冷却系统和处理器，因此设计者会着重开发长波红外系统。幸运的是，长波红外光学系统

的设计并不复杂，需要的材料也能大量生产。此外，多种红外材料可以相互结合以获得最佳的成像性能。

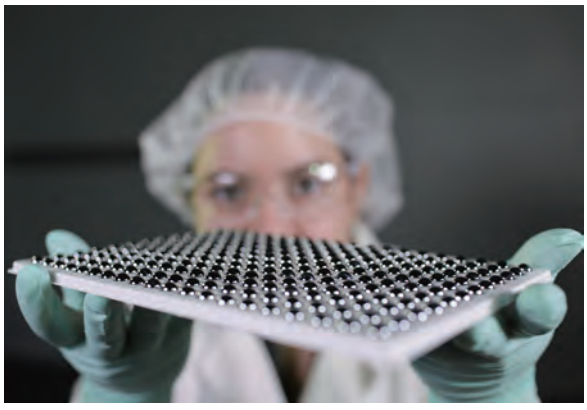


图2：抛光球坯用于红外相机系统的非球面镜头。目前由于新冠疫情的蔓延，市场对这种镜头和光学系统的需求量很大，主要用来制造非接触式测温仪，用于测量人的体温以判断是否需要做进一步的检测。

材料与应用的匹配

除了考虑波长之外，设计红外成像系统还要考虑透镜的材料。对于红外成像系统，无论是夜视设备、热成像仪、运动控制系统、高温计还是诊断设备，系统中使用的光学材料必须要满足特定的要求。

许多玻璃材料，包括普通的钠钙玻璃或其他工业中使用的特种玻璃，对长波红外和中波红外都是不透明的，因此这些玻璃是不能用于长波红外和中波红外器件中的。这种不透明是由于玻璃基质中的分子振动吸收了红外辐射而引起的，而分子振动与硅氧键有关。硫系玻璃用砷、锗、锑或镓等金属或半金属取代硅，而氧则被硫、硒或碲取代（这些都是元素周期表上的硫族元素）。在制作硫系玻璃时，半金属与硫族元素混合，形成无定形结构，可以被模压成最终的形状。

与锗、硫化锌、硒化锌和硅基材料等常见的红外材料相比，硫系玻璃的一种特殊的材料属性就是能够被模压成型。硫系玻璃材料具有晶体结构，能够适用于短波红外、中波红外和长波红外等不同的应用。这些材料要么被生产成接近最终用户要求的形状，要么被加工抛光成最终形状。这样的一个耗时的过程，并不适合大规模生产。单点金刚石车削则是针对这些红外材料的另一种光学加工方法。

当然，这些红外材料也有其独特的优势。例如，锗透镜往往是类金刚石涂层的首选基板，其高折射率使光程更短；而硫化锌具有宽广的透射窗口，透过范围从可见光到 19μm 左右。

随着非制冷红外探测器技术的不断发展，对材料的热性能要求越来越高。

第一种热属性是折射率的温度系数（dn/dT）。这种性质描述了在一定的温度范围内，材料的折射率相对于温度变化而变化的程度。如果一个系统的折射率的温度系数比较大，就需要以其他方式对其进行补偿（这会导致系统更加复杂），以避免温度波动引起成像质量的衰退。锗、硅的折射率温度系数比较大，而硫系玻璃的折射率温度系数比较小，因此热性能更好。

第二种热属性是热膨胀系数（CTE），它描述了材料因温度变化而膨胀或收缩的程度。例如，锗的热膨胀系数为 5.8×10^{-6}/K，铝为 23.1×10^{-6}/K，型号为 IRG 26 的红外玻璃为 21.4×10^{-6}/K。相比之下，红外玻璃的热膨胀系数与金属铝相当，因此更适宜将红外玻璃光学镜头安装在铝座上。

通常，像硫化锌和硒化锌这类晶体，由于材料本身的色散特性，因此不适合用于色差校正系统。而有了硫系玻璃，包含这些晶体的色差校正系统就可以实现了。

成像光学元件的新要求

红外相机行业的持续创新为一些新应用铺平了道路。人们一直在寻找既能提供高性能又能让消费电子行业在价格上可接受的材料，这将不可避免地对成像光学元件提出新的要求。对于红外材料而言，不但要考虑其技术和物理性能，而且还要考虑其成本和加工过程。

对于红外材料的产品开发而言，需要满足一些技术要求，如宽广的红外透过窗口（见图 3）、不同温度下稳定的透射率、红外波段恒定的色散以及较低的折射率温度系数等。此前，这些材料的性能数据许多光学设计师都无从获得。如今，一些公司开始注重对材料性能数据的开发，工程师和光学设计师可以对这些数据进行评估，从而开发出性能优异的产品。

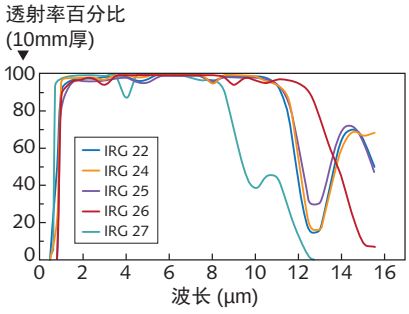


图3：多种红外硫系玻璃的光谱透射率。

然而，为了能够向大批量市场提供价格适宜的红外光学元件，在光学元件制造中，必须要采用不同的材料制造工艺。与晶体光学材料相比，硫系玻璃更易于加工，因此更加适合具有成本效益的批量生产。

总之，红外玻璃可以为光学系统提供创新解决方案，以满足红外技术快速发展的需求。❑

工业激光应用

INDUSTRIAL LASER APPLICATIONS · CHINA

《工业激光应用》是面向中国激光行业中高水平、决策型专业制造人才的专业杂志。它为在中国制造行业中应用激光技术的制造专业人员提供国际与国内及时、实用和有深刻见解的内容报道。编辑内容来源于备受全球尊崇的 Industrial Laser Solutions for Manufacturing《工业激光制造解决方案》杂志，并由我们本地编辑辅以内容。

《工业激光应用》杂志将每隔一个月以简体中文出版，向中国符合资质的专业人员免费发行，纸质版发行超过 1 万，数字版发行为 2 万。通过电子快讯，网站及微信平台，技术会议等，我们将向更广泛的读者群提供实用及前瞻性的技术内容。

《工业激光应用》（Industrial Laser Applications China）杂志是全球著名的 Industrial Laser Solutions for Manufacturing 杂志中文版，原英文版由 Endeavor 商业媒体公司出版。《工业激光应用》已于 2019 年 9 月由雅时国际（ACT International）商讯公司根据 Endeavor 商业媒体公司的授权协议出版，杂志内容获准译自 Industrial Laser Solutions for Manufacturing 杂志及其官方网站。

免费索阅



免费索阅

www.ilacmag.com

ACT

增材制造

在金属增材制造中通过改变激光参数控制不锈钢的磁特性

在激光3D打印中，通过调节激光的扫描速度和激光强度，改变熔池大小，进而改变打印的不锈钢的磁性能。

文/John Wallace

瑞士联邦材料科学与技术研究所（EMPA）的一个材料科学研究团队，将激光 3D 打印某些合金产生的不利因素（如产生磁性），作为一种新的特性，以微米级的精度嵌入到 3D 打印的金属工件中。

具体来说，研究团队打印了一个边长为 4mm 的金属棋盘，棋盘上具有磁性和不具有磁性的方格相邻交替出现（如图 1）。研究人员只改变激光束的功率和脉宽，就改变了金属的微观结构，从而产生强磁性棋盘结构。

这个研究团队由瑞士联邦材料科学与技术研究所的科学家领导，他们使用了一种 20 年前由亨普尔特殊金属公司（位于瑞士的杜本道夫）和其他公司联合开发的一种不锈钢。这种称为 P2000 的不锈钢不含镍，只含约 1% 的氮，不会引起人体过敏，因此特别适合医疗应用。但是，这种不锈钢材料特别坚硬，很难使用传统的铣削工艺进行加工。而且，这种不锈钢看起来似乎也不适合作为激光 3D 打印的基础材料，因为在激光熔化区其温度会很快达到峰值，导致金属中的大部分氮蒸发，并使钢的属性发生改变。

改变熔池大小

但是研究人员通过改变激光的扫描速度和激光光束的强度，将这种不锈钢材料在金属 3D 打印中展现的缺点转化为了一种优势。激光熔化金属粉末床中的颗粒，从而以特定方式改变熔池的大小和寿命。金属 3D 打印中使用的激光光源是中心波长为 1070nm 的光纤激光器，光斑直径为 55μm，最大功率为 200W。创建的最小熔池直径为 200μm，深度为 50μm；最大熔池直径为 350μm，深度为 200μm。

熔池越大，从合金中蒸发的氮就越多，这就导致 3D 打印固化后的钢体中含有很高比例的可磁化铁素体。在最小熔池的情况下，熔化的钢凝固得更快，氮还来不及蒸发而留在合金中，这时候的钢体主要以非磁性奥氏体的形式存在。在实验过程中，研究人员必须在毫米尺度的金属打印件中精确调控氮含量，在几微米的尺度内测量局部磁化率及奥氏体钢和铁素体钢的体积比。

“在激光 3D 打印中，局部温度很容易达到 2500℃以上，”研究人员说，“在这样的高温下，我们就能以特定的方式蒸发合金的各种成分，例如锰、铝、锌、碳等，从而改变合金的局部化学成分。”研究人员还表示，这种方法不仅适用于不锈钢打印，也适用于其他合金的 3D 打印。

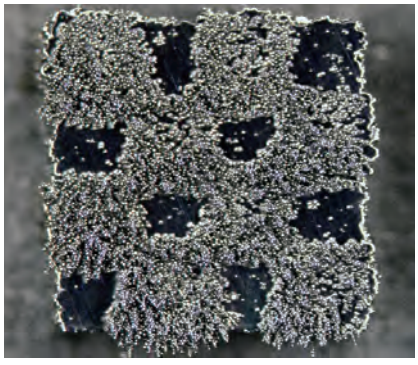


图1：利用3D激光打印技术制作了一个4mm×4mm微型棋盘结构，通过控制激光束的特性，棋盘上具有磁性和不具有磁性的方格相邻交替出现。图中，铁屑粘在磁性区域上。（图片来源：Empa）

在一个案例中，对于被称为形状记忆合金的镍钛合金，在什么温度下合金能“记住”它的初始设定形状，仅仅取决于合金中 0.1% 镍的含量。用激光打印结构件，改变激光作用区域的温度，就可以调节结构件的局部性质。

在单个打印件中，在微米级精度内有效控制合金组分，有助于设计更加高效的电动机。因为现在已经可以精确控制电机中定子和转子的磁性结构，可以更好地利用磁场，使电动机效率更高。❑

参考文献

1. A. Arabi-Hashemi et al., Appl. Mater. Today, 18, 100512 (2020).

集成光子源

硅光子光子源对量子光学技术而言近乎理想

英国布里斯托大学的物理学家已经开发出了首款集成光子源，它有望用CMOS工艺实现量子光子学产品的大规模制造。

文/John Wallace

集成量子光子学是发展量子技术（包括量子计算机）的一个颇具前景的平台，因为它具有在光路中生成和控制单个光子的能力。“但是，限制集成量子光子学发展的一项重要挑战是，缺乏能够产生高质量单光子的片上光源。”布里斯托大学研究量子光子源的物理学家团队成员之一 Stefano Paesani 表示，“没有低噪声的光子源，当增加光路复杂度时，量子计算中的错误会迅速累积，导致计算不再可靠。此外，光源的光学损耗限制了量子计算机可以产生和处理的光子数量。”

布里斯托团队与意大利特伦托大学的同事一起，开发了首个与大规模量子光子学兼容的集成光子源。[1] 该光子源基于一种称为模态间自发四波混频（SWFM）的新技术。通过硅波导传播的多种模式的光，会受到非线性干扰，这为产生单光子创造了理想条件。

在 SWFM 中，只要满足相位匹配和能量转换条件，就可以将来自激光器的光转换为成对的单光子。但是，标准 SWFM 产生的光子具有强的光谱反相关性，这与量子光学电路中所需要的相反。相比之下，模态间 SWFM 通过激发波导中的两个光学模式（此处为 TM_0 和 TM_1）彼此相位匹配，从而抑制了这些光谱反相关，因此可以产生一对单光子而无需反相关。波导截面必须经过特殊设计，以使相位匹配带宽类似于泵浦激光带宽，从而实现所需的能量转换。

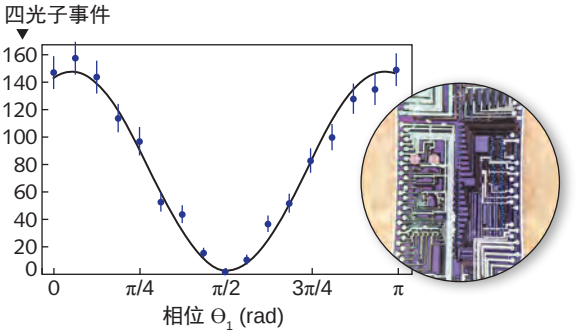


图1：图中显示了预报Hong-Ou-Mandel（HOM）实验的结果，纵轴为四光子混合事件，横轴为相位。为了获得该数据，对两个不同的量子光子源进行干预（理想情况下，该依赖于相位的干涉曲线在π/2相移时会降至零）。图中的点是光子计数，误差线显示一个标准偏差。实线拟合等效于96%的可见度。插图显示了研究中使用的硅光子芯片。有关芯片和预报HOM实验的详细信息请见参考文献1。

两种不同的模式干扰

在实验中，在 1516nm 波长下以 TM_0 模式产生闲置光子，在 1588nm 波长下以 TM_1 模式产生信号光子，泵浦激光 / 相位匹配带宽约为 4nm。泵浦激光的 TM_0 部分中逐渐增加的时间延迟，会抑制杂散光谱相关性，产生的光谱纯度为 99.4%，而不是没有时间延迟时预期的 84%。

该小组通过所谓的预报 Hong-Ou-Mandel 实验（见图 1），对此类光源在光子量子计算中的使用进行了基准测试。该实验量化了预报来自不同来源的光子的干涉，是光学量子信息处理的基础，并获得了可见度达 96%的迄今观察到的最高质量的片上光子量子干涉。根据 Paesani 的说法，该设备展示出了迄今为止任何集成光子源的最佳性能：99%的光谱纯度和可分辨性，以及大于 90%的光子预报效率。

硅光子器件是通过 CMOS 兼容工艺在商业代工厂制造的；因此，可以将数千个光源轻松集成到单个设备上。“数百个这样的光源阵列可用于构建近期的嘈杂中型量子（NISQ）光子机，可以处理数十个光子以解决特殊任务，例如分子动力学模拟或与图论相关的某些优化问题。”Paesani 说。他指出该技术可能带来集成光子平台中的容错量子操作。

在接下来的几个月中，数十至数百个量子源将被集成在单个芯片上。❑

参考文献

1. S. Paesani et al., Nat. Commun. (2020); https://doi.org/10.1038/s41467-020-16187-8.

OVC EXPO 2020

光联万物 智引未来
Light Links World, Wisdom Leads Future

第十七届“中国光谷”国际光电子博览会暨论坛

The 17th Optics Valley of China International Optoelectronic Exposition and Forum

2020 年 11 月 11-13 日　武汉 · 中国光谷

四大展示主题

激光与智能制造　光学与精密光学　光通信与 5G 通信　芯片与光电显示

17 场专题会议

2020“中国光谷”国际光电子信息产业高峰论坛
中国激光产业大会
第三届超快激光加工技术及产业高峰论坛
第十四届“中国光谷”国际激光峰会
第一届光纤激光应用研讨会
第一届激光焊接技术应用论坛
2020 中国光电子研究生论坛
2020 微纳光电子高峰论坛
2020 光学青年科学家论坛
“5G”时代的 ICT 产业发展论坛
第六届武汉国际光谷论坛（WIOF）2020
红外光源及传感应用研讨会
2020 光学检测技术论坛
2020 中国光纤传感论坛
2020 光纤激光器应用及仿真培训
2020 激光器设计培训
第十七届“中国光谷”知识产权国际论坛

6 大主题活动

《中国激光产业发展报告》国际版发布会
项目洽谈对接会及重大项目签约仪式
华中地区光电人才专场招聘会
新品新技术发布会
2020“光环奖”评选颁奖典礼
光电产品采购需求发布与对接会

参观预登记赢华为 5G 手机、Kindle 等

半导体激光器

半导体激光器促进手持式激光医疗仪器的发展

高光束质量、多种波长可选以及尺寸紧凑的半导体激光器，正在促使激光医疗仪器趋于小型化，走向大众消费市场。

文/Ann Russell，Thomas Brandes

半导体激光器的技术进步正在促使生物医学领域发生着革命性的变化，一些过去只出现于医疗实验室中的诊断设备，开始走向大众消费市场。作为生物医疗设备中使用的光源产品，半导体激光器与其他光源相比拥有众多优势，它正在使医疗仪器更轻便、更简单且更具成本效益。

多模半导体激光器（单管）的输出功率从毫瓦增加到了瓦量级。在提升半导体激光器和巴条输出功率方面的激烈竞争，促进了市场的强劲增长趋势。半导体激光巴条功率的增加，使得材料加工领域出现了一些新应用，但一些新兴应用还需要提高半导体激光器的其他参数，如波长稳定性、光束质量和偏振。

目前的研究重点是开发小型化、高效率的单模半导体激光器。虽然可以用光学方法将多模激光变成真正的单模，但是此前许多半导体激光器的波长与一些应用并不匹配，因此并不能替代气体激光器在市场上大规模使用。随着半导体激光技术的进步，目前已经开发出高效率（效率高达30%）的单横模半导体激光器，其波长覆盖可见光到红外波段，且波长稳定性高，偏振性好，相干长度长，能够满足众多应用需求（见图 1）。

激光成像面临的挑战：光束轮廓和光束质量

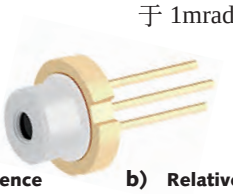
红外激光穿透能力强，可用于脱毛或纳米粒子辅助癌症治疗等应用中。可见光波段的激光很容易被血液吸收，因此适用于纹身去除和脉搏血氧测量。然而这些应用更多地依赖于激光功率，而对光束的光学特性没有很高的要求。流式细胞术中，用于激光成像的气体激光器的工作波长通常在 350nm、361nm、457nm、488nm、514nm、543nm、568nm 和 638nm。氦氖激光器和染料激光器可产生高质量、径向对称的 TEM_{00}（高斯分布）模式的激光，可广泛应用于生物激光成像中。然而，半导体激光器一般输出多模激光，光束呈椭圆状，且噪声较多，需要对光束进行宽高比校正及光束优化。

为了实现高分辨率和高信噪比的荧光或生物成像，需要将高斯光束聚焦成一个衍射极限光斑。例如，人眼虹膜衍射极限的瑞利判据为：

$$\Theta_R = 1.22\,\lambda/d\ [\text{rad}] \qquad (1)$$

式中，λ 为波长，d 为虹膜直径。

对于封装好的半导体激光器，当激光束的束腰位置靠近出光口时，光束是接近准直的，其输出光斑直径通常在 0.5~2mm 之间，光束发散角小于 1mrad。但是对共聚焦显微成像来说，半导体激光器的



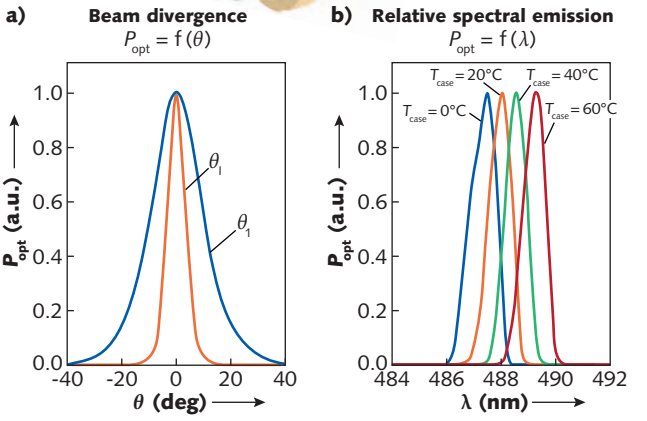


图 1：欧司朗公司制造的488nm半导体激光器的光束质量分布图。光束为高斯分布，轮廓平滑，有轻微的不对称（a）。光谱带宽为2nm的单横模488nm半导体激光器（见图1插图）其光束干净，非常适合生物成像（b）。（图片来源：欧司朗）

光斑直径还是太大了。若 W_0 为激光束的束腰半径，λ 为激光波长，则激光束的半发散角为：

$$\Theta_R = \lambda/(\pi Wo) \quad (2)$$

图 2 为高斯光束特性图，图中 W_0 为束腰半径，Z_0 为瑞利距离，在 Z_0 处，光束半径为 $\sqrt{2}W_0$，高斯光束的焦深（也叫共焦参数）就是指光斑面积增大为束腰面积的两倍时对应的距离，由图 2 可知，焦深等于 $2Z_0$。当将发散的多模半导体激光束聚焦成一个小于 500μm 的光斑时，讨论焦深就没有意义了。

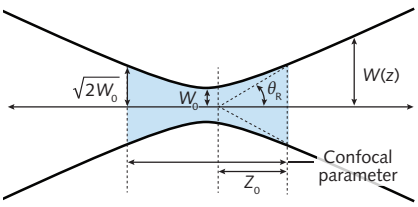


图2：激光光束质量影响成像分辨率。

高斯光束在 x、y 轴上的发散度都相等，是显微成像的理想光源。半导体激光经过理想的没有像差的衍射极限透镜聚焦，其光束质量因子为 $M^2 = (\Theta_R \pi W_0) / \lambda$。光束质量因子 $M^2 = 1$ 时，表示光束是一个完美的径向对称的高斯光束。对半导体激光而言，其典型的椭圆形光束的质量因子 M^2 约为 1.2。然而，即使将其快慢轴的发散度调节成一样，这样的光束也不能作为理想的成像光源，因为光束会有噪声以及其他模式出现，导致光场强度不均匀。

虽然有一些应用需要用到半导体激光的高偏振和相干性，但是并非所有应用都需要这两个特性。相干引起的散斑会导致严重的成像问题。目前，单模半导体激光其偏振光比例大于 99%，带宽为 1~2nm（半高全宽，FWHW）。如果需要，现在可以在封装中通过调节激光器的内部结构来减少偏振和相干特性。相干引起的散斑，

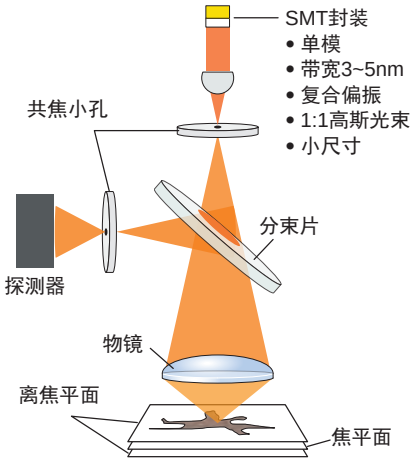


图3：典型的共焦显微镜成像装置，图中显示了焦平面和离焦平面。



VCSEL 传感，激光雷达和手势识别

Ophir 广泛的功率、能量和辐照度测量以及激光光束质量分析解决方案包括:

- 功率测量：连续激光和脉冲激光的功率测量
- 专业功率/能量分析软件StarLab，支持USB 和以太网PC接口
- 积分球功率计可以测量高达170°发散角的光束
- 光束分析：近场&远场分析
- 用于脉冲形状测量的快速光电探测器
- 客户定制化方案（OEM 方案）
- ISO / IEC 17025 实验室认证



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

mks | Ophir®

表1：用半导体激光作激发光源的常用荧光染料和染色剂表

常用荧光染料和染色剂	标准激发波长 (nm)	实际激发波长 (nm)
蓝光荧光染料和染色剂 – AMCA, Hoechst, DAPI, DIPI, Cascade blue, Coumarin	351	346, 349
	363	359, 364
	357	384, 400
绿光荧光染料和染色剂 – Fluorescein, phycoerythrin, propidium iodide, ethidium bromide, acridine orange, pyronin Y, rhodamine, cyanine, and various anthracyclines	357	335, 385
	442	428
	488	482, 484, 487, 489, 490, 491, 493, 502
	514, 543	505, 515, 524
橙光荧光染料和染色剂 – Cy3, TRITC, DiA, DiI, DIOC2(5), Rhodamine 6G, SYTO 25	543, 568, 514	521, 534, 525, 547, 534, 550, 554, 579, 562
	488	491
	568, 543	568, 570, 576, 575, 581,578
红光荧光染料 – BoBo-3, Biodipy, BOPRO-3, Chromomycin A3, Cy3.5, dihydroethidium, ethidiums, hexidium, rhodamine, Mitotracker Red, propidium iodide	488	458
	514, 488	510, 518, 528
	543, 514, 568, 488	536
深红光荧光染料 – Acridine orange, Allophycocyanin, 7-aminoactinomycin D, Cy5, LDS 751, Napthofluorescein, TOPRO-3, TOTO-3	488	487
	647, 633	650, 642
	568,543, 514	555, 543
	568, 543	598

也可以用多发射器半导体激光器或波长修正来减轻。

使用多模半导体激光成像时，就可以像激光扫描细胞计数仪中使用的技术一样，用一束紧聚焦激光扫描照明视场，这样可以产生中等质量的图像。聚焦的光斑尺寸一般为 2~5μm，可以透过一层细胞进行成像，但是成像分辨率并不是很高（见图 3），并且工作距离也很短。在激光透射光谱和流式细胞术中，经常利用附着在微纳米颗粒上的 DNA 来提高探测目标的能力，但是这种方法要求聚焦的光斑大小不超过 1μm，这同样会产生新的问题。

如果使用的激光束本身就是理想的单模高斯光束（如图 1 所示），那么系统中就不再需要另外的光学元件来消除基模光以外的其他模式光，并且还能使聚焦深度变短。图 1 中，欧司朗公司制造的 488nm 半导体激光器，超出了以往半导体激光器的性能，输出了高光束质量的单横模高斯光束，特别适用于生物成像中的激光照明。

表2：激光在各种医疗诊断上的应用，这些应用需要无散斑、均匀的激光用来成像

诊断学	荧光光谱成像	激光多普勒血流仪	光学相干层析成像
血液分析	x		
标记物	x		x
血流		x	
组织分化	x		x
组织结构	x		x
DNA/RNA/病毒	x		
新陈代谢		x	
药物/成分	x		
法医学	x		

优化波长、功率及滤波性能，提高成像信噪比

如表 1 所示，有多种激光波长能够用来激发荧光染料。如果考虑到荧光团，表 1 中的内容还会增加。生物学家之前用气体激光器和染料激光器来激发荧光染料。欧司朗发明的直接跃迁波长为 488nm 激光器，替代了大型的气体激光器，使激光医疗仪器实现了手持化。随着激光医疗诊断应用的增加（见表 2），半导体激光的可用波长也在不断拓展。

在医疗仪器中，提高激光显微成像质量，不仅需要激光提供均匀的照明，而且成像系统的滤波性能也至关重要。性能较好的滤波器价格非常昂贵，因此一般的仪器在设计时不得不牺牲信噪比（SNR），因为激发波长不能提供足够的光强或波长稳定性来探测样品。目前开发的单模半导体激光器的功率显著增加，可以提高成像信噪比，并且效率高达 30%，比效率只有 0.1% 的气体激光器更有优势。

单模半导体激光器日益成熟，满足了生物成像领域的很多应用需求。直接跃迁的半导体激光器功率高，效率也高，体积比气体激光器小，成本也低，特别适用于便携式医疗诊断设备。半导体激光器的光束质量足以在不牺牲焦深的情况下进行激光成像。此外，半导体激光器的波长精细可调，这将有望为流式细胞仪和激光透射光谱技术领域带来新的变革。❑

CDIIF
成都国际工业博览会

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

汉诺威工博会与中国工博会
联合打造

工业引领 智享未来

2020年11月18 - 20日
中国西部国际博览城

www.cdiif.com



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

旗下专业主题展：

MMCS EIAS AMS IAS RS ICTS

欢迎垂询：021-2055 7138/7139/7140/7141

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

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

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

在高光谱成像的赛道上不断追逐

——访Altria公司高光谱成像科学家Amrita Sahu女士



Altria公司高光谱成像科学家Amrita Sahu女士

编者按：

为了让读者更好地了解激光与光学行业中的优秀人物，展现他们在成长、学习及工作方面的经历与故事，以便为读者的工作或个人成长提供一定的参考与借鉴，本刊将陆续介绍激光与光学行业中那些为行业发展做出过突出贡献、以及正在推动甚至是变革行业发展的精英人物。

文/John Lewis

本期，我们将介绍高光谱成像领域的一位女科学家——Altria 公司高光谱成像科学家 Amrita Sahu 女士。

John Lewis：你来自哪里？是什么让你对成像科学领域特别感兴趣？

Amrita Sahu：我在东印度的加尔各答长大。科学是我童年生活中不可分割的一部分，因为我周围都是对各种科学感兴趣的人。父母对我影响最大。我的父亲是一名医生，他是世界上最好的老师，他向我灌输了对学习的热爱。他用一种特殊的方式激起了我对科学的好奇心，他曾在我们的厨房里演示高中物理实验！

我的母亲是一位化学教授，她经常带我去她的实验室，在那里我遇到了许多著名的科学家，其中就有印度最著名的科学家 Asima Chatterjee 教授，她是第一位从印度大学获得科学博士学位的女性，也是几种抗疟药物的发明者。她对我有很深的影响。我还记得她告诉我“亲爱的，整个世界都对你开放”。看到我父母的工作对社会产生了如此积极的影响，这也让我决定把科学作为我的职业。

当我来美国读研究生时，我被带入了成像科学的迷人世界。我的第一个项目是使用高光谱和触觉成像来识别人类和犬类患者的乳腺癌病变。这是一个很吸引人的项目，我们在各个医院和诊所都有合作者在测试我们的技术。这项工作的影响是巨大的，我完全沉浸其中。我意识到成像科学是我前进的方向，这是一个涉及物理、数学、计算机科学、光学和系统开发的跨学科领域。

JL：能用一个类比来帮助我们理解一下高光谱成像吗？

AS：人类和大多数其他动物都使用三种颜色感受器来观察光谱，这三种颜色是红色、绿色和蓝色（RGB）。有了这三种颜色感受器，我们就能看到这个五彩缤纷的美丽世界。一种叫螳螂虾的生物，是生活在礁石上的色彩鲜艳的甲壳类动物，它的眼睛里有 12 个颜色感受器（见图 1）。有了这些眼睛，螳螂虾能比人类更快地区分不同类型的珊瑚。尽管这对螳螂来说似乎是一个巨大的进化优势，但它们在区分同一颜色的不同色调的准确性上，却比人类要低得多，因为人类有一个非常强大的处理单元——大脑，而螳螂虾的大脑要小得多。高光谱成像结合了这两个世界的优点：螳螂虾的光学系统和多个光感受器，以及人脑的巨大处理能力。

高光谱成像结合了光谱学和成像技术，每一幅图像都是在电磁光谱的窄带上获得的。高光谱成像将光谱分成数百或数千个波段，通常覆盖可见光或近红外区域。高光谱成像立方体是一个三维结构，它是一些图像的叠加。光谱立方体中包含样本的光谱信息和空间信息。前两个维度是



图1：螳螂虾的眼睛里有12种不同种类的用于颜色区分的视锥细胞。

空间信息（x-y 轴），第三个维度是波长（光谱信息）。

JL：你的研究在现实世界中有哪些可能的应用？为什么高光谱成像很重要？

AS：我研究的一个实际应用是对人类和犬类患者进行乳腺癌筛查。在我的研究生学习期间，我参与了触觉成像系统的发明，它可以帮助医生在早期识别人类和犬类患者的肿瘤。这项工作是与坦普尔大学医院（Temple University Hospital）和宾夕法尼亚大学医院（University of Pennsylvania Hospital）的医生合作完成的。通常，医生和外科医生依靠他们的触觉来诊断或识别病变区域，然而触诊方法高度依赖于医生的技能。

恶性乳腺肿瘤通常是通过常规的乳房 X 光检查来发现的，这一过程会使患者暴露于潜在的有害辐射中，然后通过对可疑恶性肿瘤的活检来确认。由于这些检查流程通常需要在大型医院配备专门的操作人员才能实施，因此许多妇女只能有限地获得这一重要的、通常是拯救生命的诊断。

我在研究一个以病人为中心的肿瘤筛查系统，它既便宜又简单，可以让更多的病人在早期方便地识别潜在的恶性肿瘤。初级保健提供者可以在临床乳腺癌检查中使用该设备，以便在早期准确地检测出小的恶性肿瘤。这种相对简单的设备可以用在初级保健医生的办公室，能够很容易地让更多患者享受到筛查服务。这对农村和偏远地区的患者尤其有利，因为在这些地区，去大医院看病在很多方面都面临挑战。

该项目有可能改变恶性肿瘤的筛查模式，从以大医院为中心的模式转变到以患者为中心的模式。这种情况不仅会发生在美国，而是会在全球推广。

我还开创了一种用于犬类乳腺肿瘤定性的高光谱成像方法。这项工作是与宾夕法尼亚大学兽医医院合作完成的。在家养的犬类物种中，犬科动物的乳腺癌发病率最高，大约是人类的三倍。犬乳腺癌与女性乳腺癌有许多相似之处，包括生物学、激素结合、组织学表现和危险因素。犬乳腺肿瘤具有广泛的生物学行为。目前尚无有效的影像学方法来准确区分术前良恶性肿瘤。因此，对于所有患有乳腺肿瘤的狗，手术切除和组织病理学检查仍然是治疗护理的标准。我开创的这项技术可以为兽医提供一种无创成像方法，以确定是否需要手术或者密切监测。这对于具有并发健康问题的老年犬特别有用。

我的研究在农业质量控制方面也有应用。食品安全是公众十分关注的问题，食源性疾病的爆发会导致社会动荡。我发明了一种基于高光谱成像的农业分级系统，该系统已由 Altria 公司实施。我本人也因为这项发明在 2016 年获得了“Altria Client Services John R. Nelson Innovation Award”这一奖项。

异物污染被认为是召回食品和烟草制品等产品的最常见原因之一。因此，为了满足农产品安全要求，维护消费者信心，需要对农产品中的异物进行快速、无损检测和识别。为了达到这些目标，我发明了一种使用高光谱成像技术的实时污染物检测方法。

玻璃、金属、塑料和泡沫等是加工食品中最常见的异物。在食品加工链中通常使用金属探测器来防止成品中出现金属碎片；然而，这些仪器无法检测其他异物。

我的发明是一种“能在农产品加工过程中使用高光谱成像和分析方法、实时检测和去除污染物的”系统。该系统包括一个在近红外区域（900~1700nm）或短波红外区域（1000~2500nm）工作的高光谱成像系统。高光谱成像系统连续扫描传送带上的样本，并捕捉样本的光谱图像；该样本可以是在传送带上加工和运输的烟草，其中可能含有泡沫、纸板和塑料等杂质。该系统的工作原理是不同材料之间的高光谱图像存在细微差异。我们开发了一种智能算法来识别这些差异（称为“光谱指纹”），并依此实时从传送带上的样本流中分离杂质或不良物质。由于污染物的检测是完全自动的，因此消除了人为的主观性和误差。

这项技术还可用于工业加工系统中常见污染物的分类和识别，适用于食品加工、农业系统以及其他制造环境等多种工业应用领域。

JL：你在日常工作之外还参与了多种领导活动，能简单介绍一下吗？

AS：是的，我很荣幸能在这个领域担任一些领导职务。我目前在一些国际会议的技术委员会任职，包括 IEEE 和 SPIE。通常，技术委员会由具有跨学科专业知识的个人组成，包括学术界、政府和工业界公认的权威人士。我喜欢开发复杂数据驱动建模和高光谱成像领域的会议的技术内容。作为这样一个多元化小组的一员，我学到了很多东西，并进一步扩展了我的视野。每年，作为这些委员会的一员，我都要确保在这些会议上组织并呈现出高质量的项目。

我还供职于“SPIE 早期职业奖委员会”（SPIE Early Career Award Committee）。SPIE 早期职业成就奖（SPIE Early Career Achievement Award）是为了表彰光学科学领

域重大的和创新性的技术贡献。作为委员会的成员，我每年都会评估提名者，并帮助决定获胜者。对于我来说，能够看到职业生涯早期的专业人士因为他们对光学领域的巨大贡献而获奖，绝对是一次非常有益的经历。

在过去的几年里，我也曾在国家科学基金委员会任职。这个角色对我来说非常特殊，因为我作为专家组评审员的工作直接为基础研究和创造知识以改变未来的人做出了贡献。总的来说，担任这样的角色使我丰富了各种各样的经历，这不仅能帮助我成为一个更好的思考者和科学家，而且也能使我成为一个更有同理心的领导者。最让人兴奋的是，我在这些工作中认识了很多优秀的人。对我来说，能够回馈给我很多快乐和满足感的领域是非常重要的。

JL：你在多个机构担任行业顾问和导师，能给我们多介绍一些这方面的信息吗？

AS：我目前担任 CAMTech（节肢动物管理技术中心）的行业顾问。CAMTech 是一个国家科学基金会工业 / 大学合作组织，成立于 30 多年前，旨在促进非联邦政府对研究和开发的支持，并加快新害虫防治战略领域的技术交付。CAMTech 将工业、政府和学术界的努力与节肢动物和线虫害虫的有效管理联系起来。我指导的一个项目侧重于使用遥感、无人机（UAV）成像和机器学习技术来有效地管理害虫。与不同的学术团体合作，朝着推进这个领域的共同目标努力，这是非常棒的经历。

此外，我还担任弗吉尼亚理工大学的研究生导师。指导研究生是一项非常有回报的工作，我非常喜欢与他们互动，帮助他们开展研究。这让我想起了我读研究生时，由博士后科学家指导的那段时间。在我的所有角色中，我最喜欢与这些聪明的年轻人互动，为他们的学业提供指导。

JL：是什么让你对“成为高光谱成像领域的科学家”而兴奋不已？

AS：现在可以说是高光谱成像发展中的一个激动人心的时刻，让我特别兴奋的是，机器视觉技术将对我们产生更广泛的社会影响。

随着高光谱相机变得更紧凑、更快、更便宜，我们将看到这项技术会在各个领域得到广泛应用，例如医学、精确农业、艺术 / 历史保存、环境监测、生物技术和遥感等。当与实时分类软件和机器人执行器相结合时，高光谱成像技术能够彻底改变机器视觉，使机器人能够执行以前仅限于人类才能完成的复杂任务。

新冠病毒几乎袭击了世界的每一个角落，人与人之间保持安全距离已经成为了一种新规范，我们看到了成像技术的广泛应用。例如，在中国，热成像相机用于在机场进行温度筛查，基于云的人工智能辅助 CT 成像服务被用于检测新冠肺炎病例。最近，高光谱成像已被用于临床研究，以检测 COVID-19 皮疹。科技对社会产生的积极影响，使我对成为这一领域的科学家而感到异常兴奋。

JL：在你的职业生涯中曾遇到过哪些挑战？是如何克服的？

AS：离开我的家庭和祖国去追求我的理想，是我遇到的最大挑战之一。我的父母是我最大的支持者，他们一直在为我加油。我很幸运有一个支持我的配偶，他对我的事业表现出极大的尊重和鼓励。在过去的十年里，我在美国遇到了许多了不起的朋友、同事和邻居，现在我都把他们看作我的家人了。亲人和朋友的支持，帮助我克服了这个挑战。

我面临的另一个主要挑战是当我从学术界过渡到工业界时。最初，探知和理解这个行业的运作方式是一项挑战，对我帮助最大的是寻找知识渊博的导师。我在公司内部和外部都找到了导师，他们不仅帮助我增加了这个领域的知识，而且也增强了我的信心。有时候怀疑自己并对自己的能力感到不安是很自然的事，但和导师倾诉确实能帮助你看清事实。作为一个以男性为主导的领域的女性，我经常发现自己是课堂、会议和演讲中唯一的女性，或是唯一的有色人种。我并没有把这看作是一种挑战，而是学会了接受差异，努力工作，并把它看作是一个机会。最终，坚忍不拔和努力工作总会得到认可。

JL：你会给心怀梦想的女科学家哪些建议？

AS：心怀梦想的女科学家应该尽早开始建立一个专业网络。学会寻找和认可伟大的导师。我的导师激励了我，推动我超越了我所能达到的目标。在这个竞争激烈、压力很大的环境中，让自己身处一个有人激励、有人关心的氛围中。一个伟大的导师会真心希望你成功。

顽强的毅力也是成功的关键。我花了很长时间来建立我作为科学家的信誉。除了专注于技术能力之外，还要努力提高领导能力。这也许并不明显，但要想成功，社交技能和技术能力同样重要。最后，不要因为失败而陷入困境。如果我回头看我所面临的所有挑战，失败多于成功给了我最终获得成功的力量和毅力。❑

DMP 大湾区工业博览会
Greater Bay Area Industrial Expo

2020年11月24-27日 深圳国际会展中心(宝安新馆)
Shenzhen World Exhibition & Convention Center

第23届DMP国际模具、金属加工、塑胶及包装展
23rd China DMP International Mould, Metalworking, Plastics & Packaging Exhibition

第七届3D打印智能装备展
7th 3D Printing Intelligent Equipment Exhibition

汽车制造及零部件展
Auto Manufacturing & Parts Expo

国际机器人与自动化展览暨会议
International Robotics & Automation Conference & Exhibition (iRACE)

铸业展

物流智能自动化展
Factory Automation & Logistics Automation Exhibition

工业互联网展
Industrial Internet Exhibition

CMF 2020 第四届国际新材料新工艺及色彩(简称CMF)展
2020 The Fourth International New Color, Material and Finishing (CMF) Exhibition

智慧园区产业展
Smart Industrial Park

五金展
Hardware

核技术应用展
Nuclear Technology Applications

环境卫生安全危机处理展
Environmental, Health, Security Crisis Response

口罩防护用品展
Mask & Protective Equipment



2020DMP大湾区工博会★参观有福利★广东省内专业观众满20人组团参观可获免费大巴接送！★广东省外专业观众更可享受高铁车票补贴！届时携带本人名片及身份证，凭高铁车票(单程，二等座)到展会现场主办单位处领取补贴。补贴仅限于展会期间现场领取，数量有限，先到先得！
报名热线：020-87612356

把握湾区机遇，定位全球最大展馆
延续DMP二十载积淀，
成就制造业“奥斯卡”荣耀！

BPA WORLDWIDE

主办单位：讯通展览公司
Paper Communication Exhibition Services

香港 852-2763 9011　广州 020-8761 2356　上海 021-6304 5419
深圳 0755-2267 1503　东莞 0769-8598 1968　@ info@paper-com.com.hk

www.dmpshow.com(国际); www.dmpsz.com(国内)

杰普特20W调Q脉冲光纤激光器

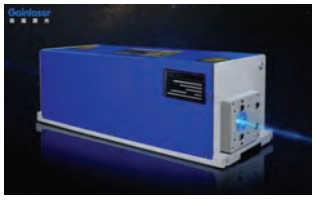
杰普特推出的20W调Q脉冲光纤激光器，相比于同等功率的产品，它的体积更加小巧紧凑，性能更加稳定可靠，并且光束质量好、峰值功率高、单脉冲能量大。相对于MOPA光纤激光器，其在维持稳定实用的基础上，以更实惠的售价将为中低端生产加工注入新的活力。能广泛应用于各类非金属或高反金属，如金、银、铜、铝等金属材料的打标、深雕、精密加工等领域。



杰普特，www.jptoe.com

格镭激光TR–W–UV03紫外激光器

格镭激光的TR-W-UV03紫外激光器输出波长355nm，能提供稳定可靠的高光束质量（M^2<1.5），在所有频率范围内都经过严格监测。其脉冲宽度短（<15ns@30kHz），光斑特性好（光斑椭圆度>90%），可通过RS232电缆连接实现远程计算机控制，能保证精细的打标效果。

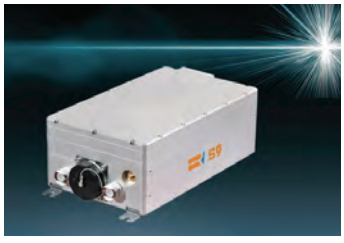


这款激光器轻巧、便捷，可广泛应用在3C电子、通讯、化妆品、药品、食品及其他高分子材料包装瓶的表面打标。

格镭激光，www.gainlaser.com

瑞丰恒S9系列固体紫外激光器

瑞丰恒的S9系列固体紫外激光器，输出波长354.7nm，功率范围3~5W，光束质量M^2<1.2，脉冲宽度<12ns@30kHz，加工精度±0.01mm。适用于各种电子电气产品外壳、PCB面板等材料的精细加工。



产品特色包括：小巧的设计，用户无需做大光路，可降低成本，节省空间；独特的调Q控制技术，适合各种激光应用控制需求；自带内腔自净化系统，寿命更长，运行更稳定；腔体机构扩展性强且稳定，可产生多种功率的激光；全数字智能电源控制技术，支持与计算机通信；可远程控制激光器，一体化设计，方便设备集成。

瑞丰恒，www.rfhlasertech.com

IPG全新一代百瓦级风冷系列脉冲光纤激光器

IPG推出的YLPN-SKAM全新一代百瓦级风冷系列脉冲光纤激光器模块，采用全新平台架构，兼具机架型水冷系列激光器的主要特性与优势，更经济实惠且更易于集成与操作。



在性能升级上，YLPN-SKAM纳秒掺镱光纤激光器能够提供高达300W的平均输出功率，在20~500ns范围内脉冲波形可调。该激光器由外部触发，脉冲重复频率范围2~4000kHz，可提供高达2mJ的单脉冲能量，并可按比例调整平均功率，不受能量影响。输出隔离器的设计能够确保输出功率高度稳定，并可用于加工高反材料，是高速激光打标、高速玻璃除膜、雕刻、切割、钻孔、烧蚀和表面处理等应用工艺的理想选择。

IPG Photonics，www.ipgphotonics.com

奥徒激光Tangor 300飞秒激光器

奥徒激光的Tangor 300W激光器，是目前在功率、集成度和稳定性方面都比较有优势的商用飞秒激光器。Tangor 300W搭配Amplitude独家专利的外压缩技术（compress 10），可以实现250W、接近70fs的脉冲宽度。其峰值功率最高可达12GW，重频为300kHz。利用此光源，产生高次谐波，photon Flux可以高达10^{14}Photon/s/eV，可以用于角动量分析谱（ARPES）、电子能谱分析等用途。



300W的功率为飞秒激光并行加工提供了可能，可将激光的功率分成多路并行加工，以提升加工效率，降低每瓦加工成本，从而提高制造过程的附加值，并将原来受激光器加工效率限制的应用领域，转变为有利可图的市场领域，拓展激光加工的应用范畴。

奥徒激光，www.amplitude-laser.com

海目星激光HP–P6全自动PCB激光打标机

海目星的全自动PCB激光打标机HP-P6，可配置高性能CO_2、光纤、绿光和紫外激光，功率和脉冲宽度均可调；高速X/Y轴移动模组，激光移动进行雕刻；高精度视觉定位保证打标位置精度，并在打标后确认打印内容和质量；

专业 HMI 软件，标准 SMEMA 接口，支持多产品文件，支持多语言及时切换，支持远程控制和视频上传等功能。



HP-P6 可以在 PCB 表面雕刻一维码、二维码、文字、符号或图形，适用于 SMT 生产中在 PCB、半导体 LCD、半导体芯片等物体表面上标记内容。

海目星激光，www.hymson-laser.com

杏林睿光高性能固体微片系列激光器

杏林睿光的高性能固体微片系列激光器，结构小巧紧凑，独特的半导体泵浦模块和激光晶体一体化、全密封设计及成熟可靠的工艺，使得激光器具有很高的稳定性和可靠性，可实现百皮秒 / 纳秒级别的高峰值功率激光输出。该系列产品包括常见的基于 Nd:YAG 晶体的 1064-532-355-266nm 系列波长，以及从深紫外至近红外的更多波长可供选择。



杏林睿光，www.real-light.com

创鑫激光EtherCAT总线型万瓦激光器

创鑫激光的搭载 EtherCAT 总线的万瓦激光器，稳定性高、实时性高、集成度高、扩展性强、便于安装。该产品结合了主流工业以太网 EtherCAT 技术，集合总线通讯和激光器控制功能于一体，对外开放支持 EtherCAT 总线、Ethernet 总线、RS232、RS485 等电气接口，通讯方式支持 DC 和 FreeRun 两种通讯方式，控制模式支持纯 EtherCAT 总线和 EtherCAT 总线加 PWM 混合控制，已完成国内外多家激光器主站系统的适配工作，并且完成上电出光控制。

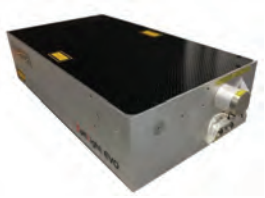


这是国内首家实现此技术的激光器品牌，只需要一根网线控制即可，现已通过切割平台实操测试，并即将投入市场。

创鑫激光，www.maxphotonics.com

INNOLAS公司全二极管泵浦Nd:YAG激光器

德国 INNOLAS 的 SpitLight EVO 系列全二极管泵浦 Nd:YAG 激光器，最大功率 100W，能量 1J@100Hz，可根据用户对重频的不同要求，有 200~1000Hz 可供选择。该产品延续了 INNOLAS 产品全铸铝下沉式设计，体积小，结构精密，不仅可以满足实验室条件，在野外环境机载舰载应用中也同样表现出色。这款 SpitLight EVO 系列产品主要包含 5 个型号：EVO-S、EVO-1、EVO-2、EVO3 和 EVO4。



德国INNOLAS，www.pulsepower.cn

国神光电1064nm红外皮秒激光器

国神光电的红外皮秒激光器，中心波长 1064nm，脉宽小于 10ps，最高单脉冲能量可达 2mJ，脉冲重复频率为 20~50kHz。采用光纤固体混合放大结构，支持 Burst 模式，1-10 个脉冲可调，支持 PSO 控制，广泛应用于盖板玻璃切割、显示屏玻璃切割、汽车玻璃切割、蓝宝石切割、光学镜片切割、电器玻璃切割等领域。



国神光电，www.gslasers.com

长春新产业EO Series全固态调Q激光器

长春新产业的 EO Series 全固态调 Q 激光器，重复频率高、脉冲持续时间短、可 7×24h 连续工作，环境适应能力强，可提供 266nm、355nm、532nm、1064nm 四个波长。EO-Series 激光器可分为 EO-N 和 EO-G 系列，EO-N 系列激光器采用集成电源，操作简单，输出稳定性好，重复频率最高可达 25kHz，支持在室温环境下长时间稳定工作；同步信号与光信号之间的抖动可达 ps 级，测量精准。EO-G 系列激光器具有优异的光束质量，M^2 可达 1.3 以下。采用集成电源，操作简单；输出稳定性好，支持在室温环境下长时间稳定工作；适用于材料加工、打标、划线、薄膜去除、微加工、测绘、雷达、科研、区域杀菌等领域。



长春新产业，www.cnilaser.com

广告索引 Advertisers Index

Advertiser	广告商名称	网址	页码
ACS Motion Control (China)		www.acsmotioncontrol.cn	17
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
AMIA 2020			27
CASTECH INC.		www.castech.com	19
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/090-8614	11
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	3
JPT		www.jpt-hipa.com	IFC
Ophir		www.ophiropt.com/photonics	35
OVC EXPO 2020	第十七届‘中国光谷’国际光电子博览会暨论坛	www.ovcexpo.com.cn	33
普雷茨特精密技术（上海）有限公司		www.precitec.de/en/products	5
Reci Laser	北京热刺激光	www.recilaser.com	13
Santec		www.santeccom.cn	1
SCANLAB GmbH		www.scanlab.de	9
TRUMPF		www.trumpf.cn	FC
安扬激光		www.yslphotonics.com	IBC
2020 CDIIF	2020成都国际工业博览会	www.cdiif.com	37
2020 DMP		www.dmpsz.com	41

eFOCUS VIDEO Magazine Webcast
www.laserfocusworld.com.cn

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)

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

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

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

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

US Offices

ENEADOR Business Media, LLC
61 Spit Brook Rd, 5th Floor Nashua,
NH 03060
Group Publisher
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)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

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

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

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

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

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

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

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

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

Asia (亚洲)

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

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

North America (北美)

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

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

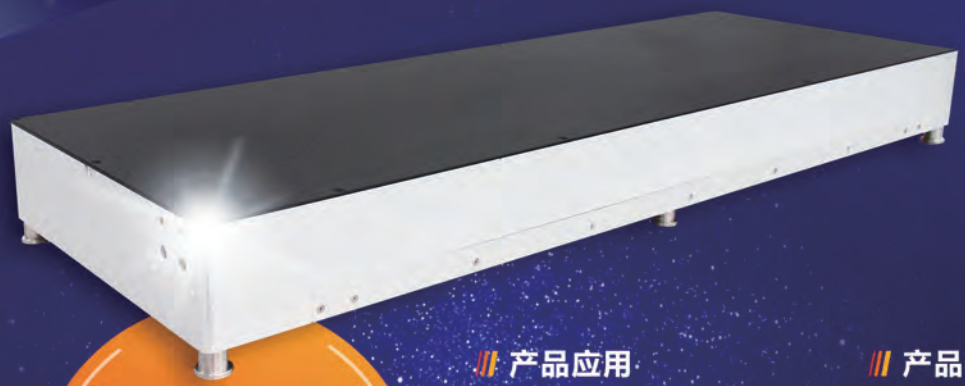
Europe & Middle East (欧洲及中东)

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

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

YSL 安扬激光
Photonics

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



100W 飞秒光纤激光器

产品应用

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

产品特点

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

20W 超连续谱光源

产品应用

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

产品特点

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



高精密运动控制全方位解决方案



驱控

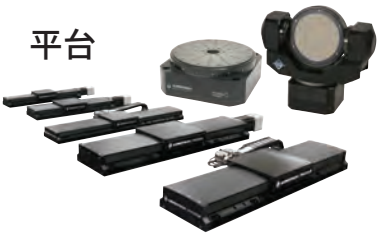




压电



电机



平台



振镜

系统

AEROTECH

www.aerotech.com • +86 (21) 5508 6731
中国上海市杨浦区长阳路1687号B号楼B101-3室
sales@aerotech-china.com