光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2020年5/6月 第3期
ISSN: 1817-6917

激光世界

LaserFocusWorld® China

TRUMPF

通快绿光——
疫情之下，与您铜行

慕尼黑上海光博会
时间:2020.7.3-5
地点:上海国家会展中心
展位号:8.1E201



在室温下，铜对绿光波长的吸收率高达40%，是传统近红外的8倍以上。因此，具有绿光波长的高功率连续激光器可以焊接高反材料铜且几乎没有飞溅。这大大满足了我们对于铜焊接的高质量要求。

通快官方微信

蓝光激光加工时代来临，你准备好了么？ 20

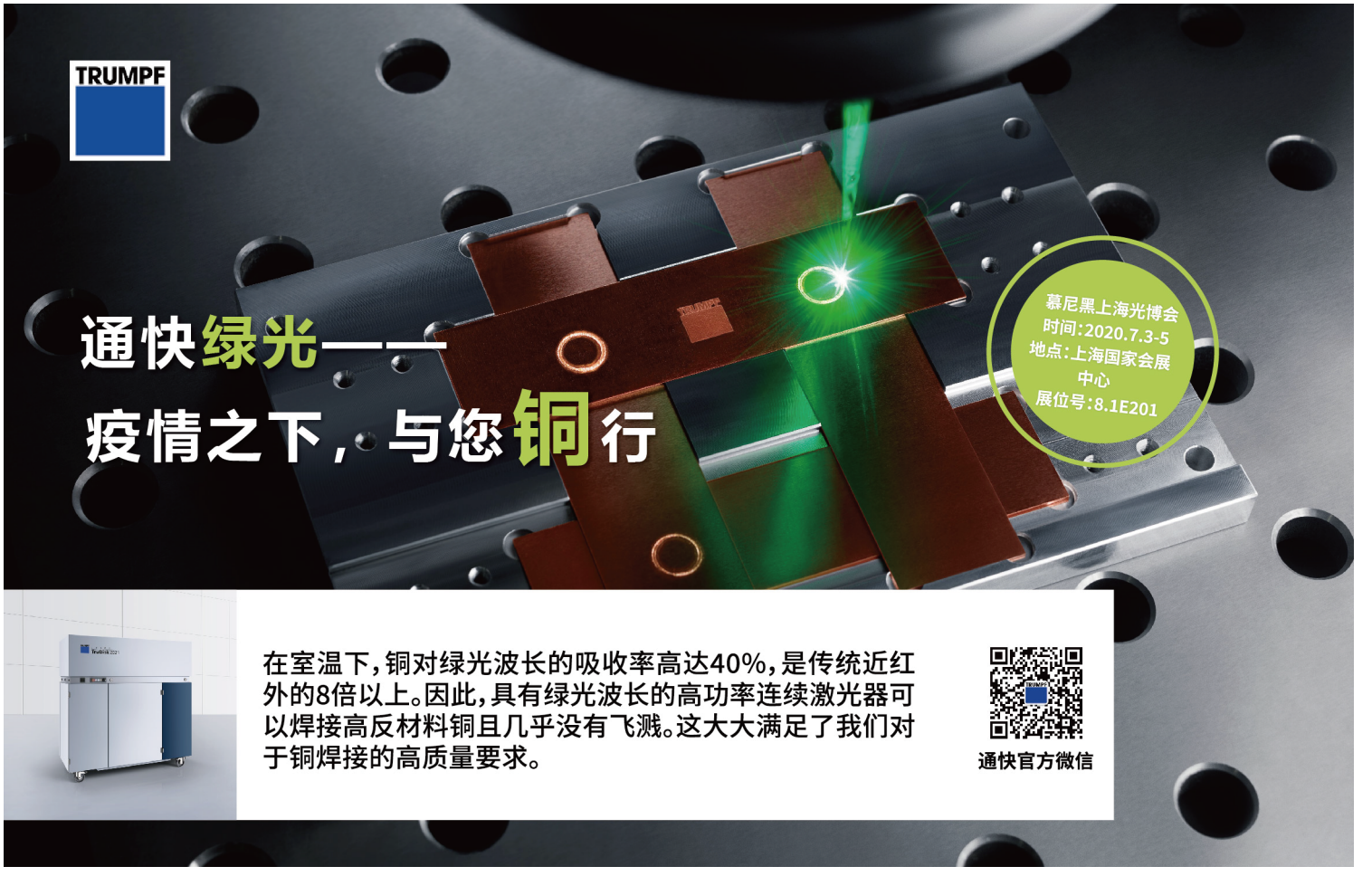
通快2kW绿光激光器在铜焊接中的应用 14

VCSEL实现高达45%的功率转换效率 31

ACT

ENDEAVOR BUSINESS MEDIA

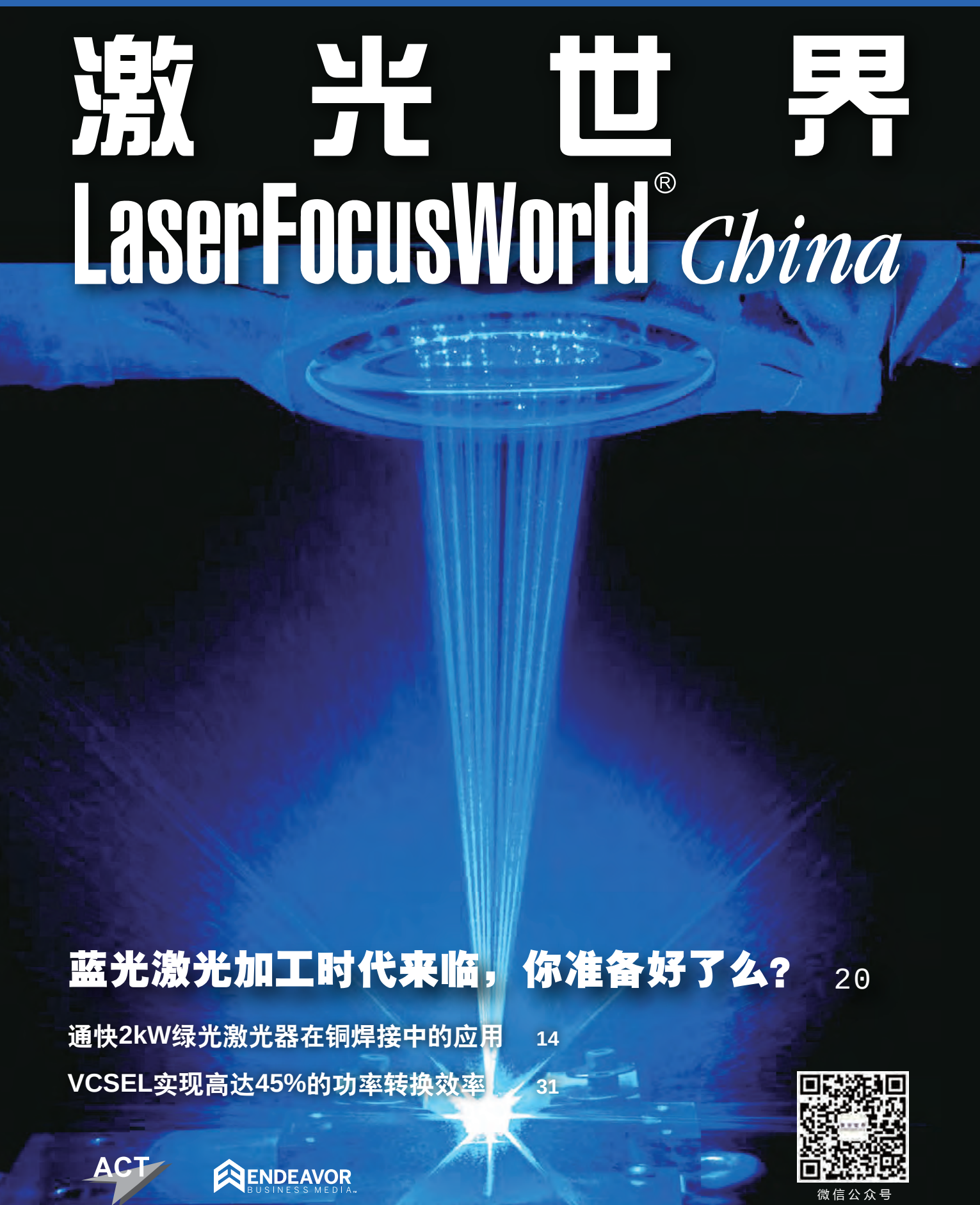
微信公众号


TRUMPF
通快绿光——
疫情之下，与您铜行
慕尼黑上海光博会
时间:2020.7.3-5
地点:上海国家会展中心
展位号:8.1E201
在室温下，铜对绿光波长的吸收率高达40%，是传统近红外的8倍以上。因此，具有绿光波长的高功率连续激光器可以焊接高反材料铜且几乎没有飞溅。这大大满足了我们对于铜焊接的高质量要求。
通快官方微信

光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2020年5/6月 第3期
ISSN: 1817-6917

激光世界

LaserFocusWorld® China



蓝光激光加工时代来临，你准备好了么？ 20

通快2kW绿光激光器在铜焊接中的应用 14

VCSEL实现高达45%的功率转换效率 31

ACT

ENDEAVOR BUSINESS MEDIA

微信公众号

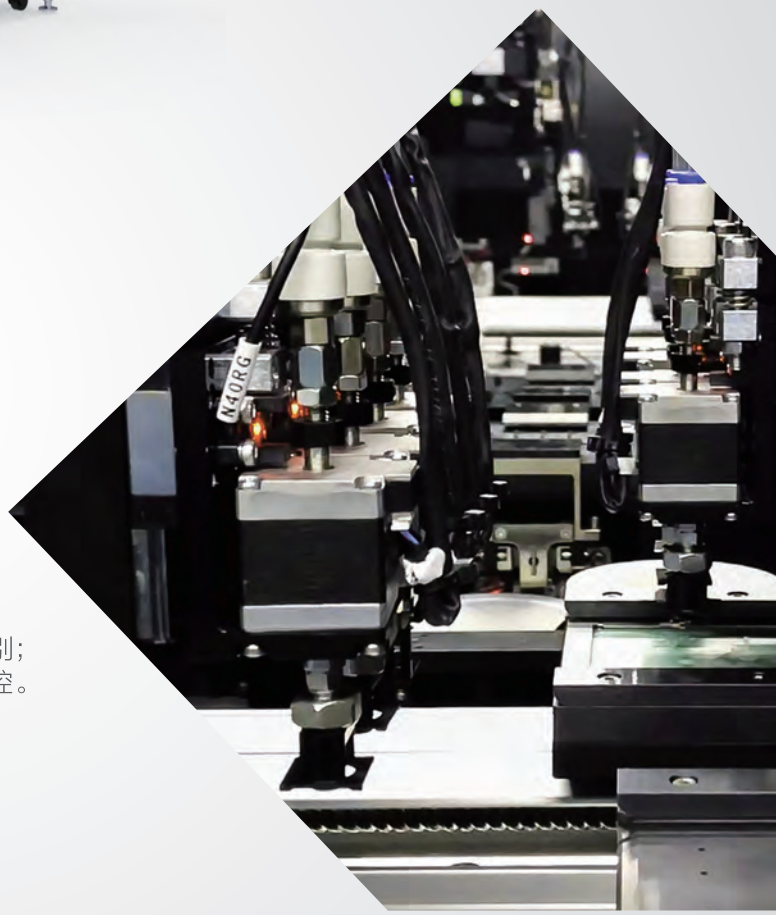
JPT | HIPA

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

JPT 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



可调谐激光器

FREE DEMO

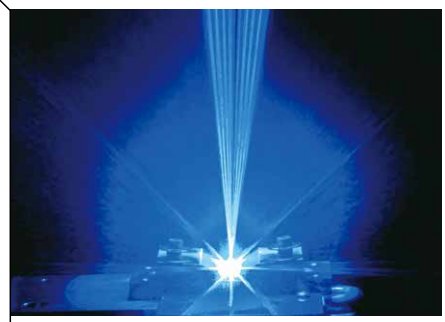
以快速，精准，极致，可靠为本

- 稳定获取WDL & PDL数据
- 硅光子器件测试



santec The Photonics Pioneer since 1979

www.santec.com.cn



20 封面故事
蓝光加工
蓝光激光加工时代来临，你准备好了么？
随着以蓝光为首的高功率短波长激光器技术日趋成熟，更多有色金属的激光加工瓶颈将被打破，有色金属应用将迎来更广阔的天地。

市场观察

11 2019- 2024年间，VCSEL市场将以31%的复合年均增长率增长
12 全球激光器市场回顾与预测：传感器市场表现突出

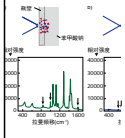
应用天地

14 铜焊接



通快2kW绿光激光器在铜焊接中的应用
通快的2kW工业级连续波绿光碟片激光器，可以焊接高反材料铜且几乎没有飞溅，这大大满足了动力电池生产过程中对于铜焊接的高质量要求。

18 拉曼光谱



便携式拉曼光谱系统穿透不透明包装识别样品
共线激光激发和拉曼散射收集，能够实现包装内的样品测量，从而增加现场检测的安全性。

技术中心

26 准分子激光加工



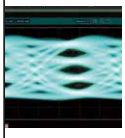
Fraunhofer ILT采用相干公司LineBeam 155准分子激光系统推动大尺寸石墨烯生产
LineBeam 155激光系统能在各种材料上进行大范围的精密光还原、微结构制备、烧蚀和加工任务，推动大尺寸石墨烯薄膜的生产。

28 光谱学



LED光源实现用于工业和消费领域的移动光谱仪
具有定制的近红外荧光粉的LED为透射光谱测量提供了均匀的光谱，能够实现紧凑的多用途光谱仪。

31 VCSEL



VCSEL实现高达45%的功率转换效率
VCSEL技术取得的极具前途的进展，如功率转换效率、单模光束和倒片封装等，将是促进下一代3D传感器发展的重要因素。

34 未来光子学



光学器件将在5G网络中不可或缺
关于5G的话题集中在无线和无线电技术上，但是在服务用户的新一代基站之间的信号传输方面，光子学和光纤光学发挥着至关重要的支持作用。

光子学产品

38 F-θ 透镜



F-θ 透镜使激光扫描保持良好的线性度
F-θ 透镜能够使激光光斑的位置与扫描角度成线性比例，因此可用于许多激光扫描应用中。

商业论坛

42 商业论坛



投资者的资金何时开始涌向光子学领域？

6 编者的话
8 前沿简讯
44 产品撷英
48 广告索引

关于《激光世界》

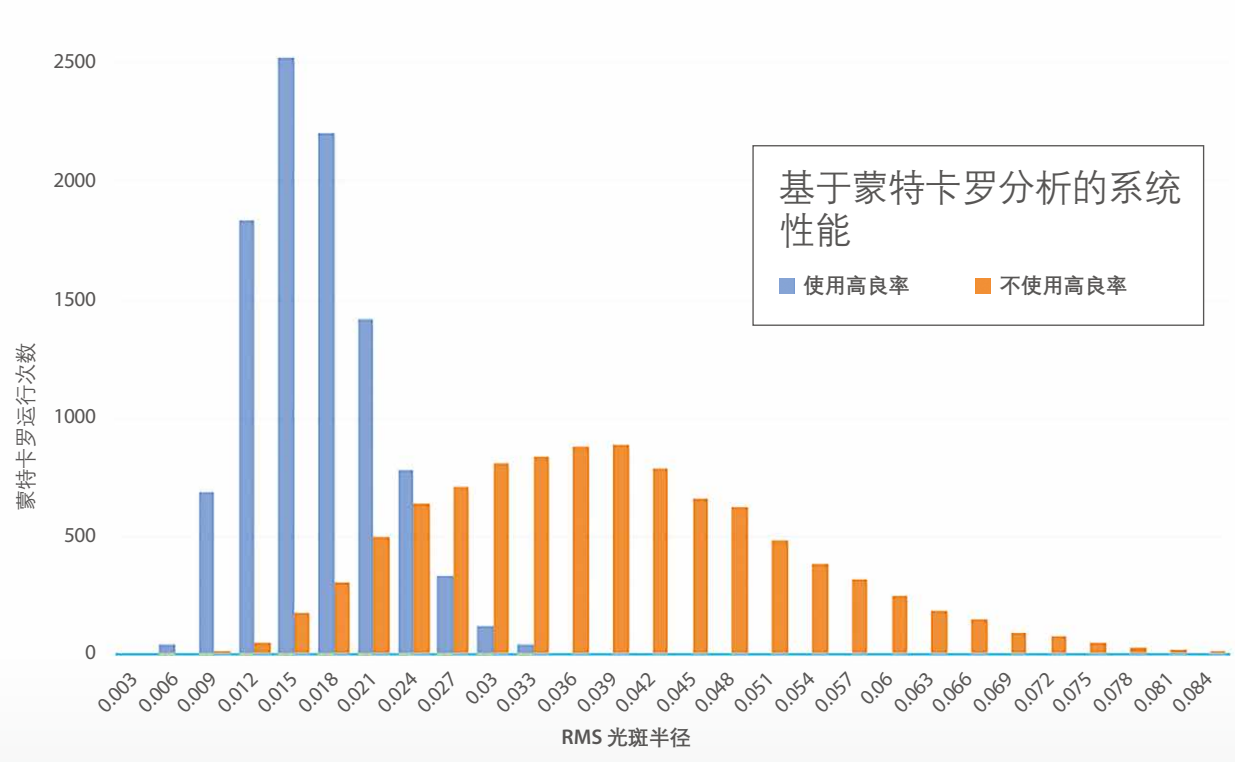
《激光世界》杂志创刊于 2005 年，是世界著名杂志《Laser FocusWorld》杂志的中文版本，也是在中国市场为激光与光电子行业的工程师、研究人员、科学家以及专业技术人员提供的专业期刊。《激光世界》的内容涵盖全球激光与光电子技术、工业与科研应用、市场信息以及中国本地市场的相关报道。

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

请查询本刊专业网站：www.laserfocusworld.com.cn。

扫一扫 免费下载电子书

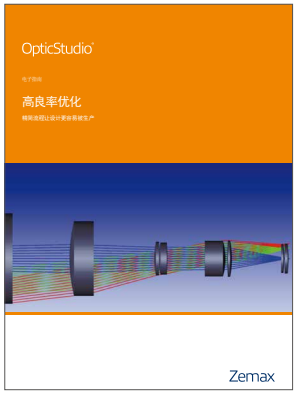
OpticStudio®



不只是一次，而是每次都符合规格要求

使用 OpticStudio 的高良率优化来精简设计流程

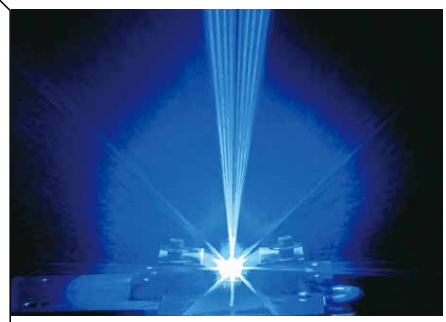
传统的光学设计过程往往会在制造阶段出现偏差，从而导致返工并造成经济损失。现在，通过使用高良率优化，在设计过程中就考虑了公差的影响，故而成品能够有更好的性能以及生产良率。此外，高良率优化适用于所有光学系统，不依赖于系统的任何对称性或一阶性质，能为每个项目优化出最佳设计。



想要了解更多？请扫描右侧二维码
免费获取高良率优化电子指南

2020.7.3-5 慕尼黑上海光博会
欢迎莅临 Zemax 展台：7.1B126

Zemax



20 COVER STORY

Blue Laser Processing

The era of blue laser processing is coming. Are you ready?

With the development of high power short wavelength laser technology led by blue laser, the bottleneck of laser processing for more non-ferrous metals will be broken, and the application of non-ferrous metals will usher in a broader world.

MARKET TRENDS

11 The VCSEL market is expected to grow at a CAGR of 31% from 2019 to 2024

12 Review and forecast for global lasers market: the sensors market is expected to perform best

APPLICATIONS

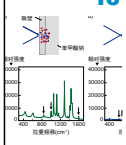
14 Copper Welding



Application of 2kW green laser in copper welding

Trumpf's 2kW industrial continuous wave green disk laser can be used to weld highly reflective copper without splashing, which greatly meets the high quality requirements for copper welding in the production process of power battery.

18 Raman Spectroscopy



Portable Raman spectroscopy system identifies samples through opaque packaging

Collinear laser excitation and Raman scattering collection enables measurement of samples inside of packaging to increase field safety.

TECHNOLOGIES CENTER

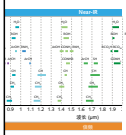
26 Excimer Laser Processing



Fraunhofer ILT uses Coherent's LineBeam 155 excimer laser processing system to help enable scalable graphene production

LineBeam 155 can perform a wide range of precision photoreduction, microstructuring, ablation and processing tasks on various materials and could help enable scalable graphene production.

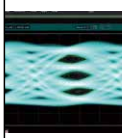
28 Spectroscopy



LED light source enables mobile spectroscopy for industry and consumer use

An LED with a tailored near-infrared phosphor provides an even spectrum for transmission spectroscopic measurements; compact multi-use spectrometers will result.

31 VCSEL



VCSEL power-conversion efficiency improves to 45%

Promising developments in VCSEL technology, including power-conversion efficiency, single-mode beams, and flip-chip-mounted designs, may be significant factors enabling next-generation 3D sensors.

34 Future Photonics



5G—Optics will be indispensable for 5G networks

The buzz about 5G focuses on wireless and radio technology, but photonics and fiber optics play vital supporting roles in transporting signals to and from the new generation of base stations that will serve users.

PHOTONICS PRODUCTS

38 F-θ lenses



F-θ lenses keep laser-scanning nice and linear

F-θ lenses have a laser spot position linearly proportional to the scan angle and are thus useful in many laser-scanning applications.

42 BUSINESS FORUM

When and why do investors flock to photonics?

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

About Laser Focus World China

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

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

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

全新一代

尖端科技

激光切割 2.0 – 从优秀到卓越

MADE IN **GERMANY**

PRECITEC

全新一代智能激光切割头，快速、稳定、高效。激光功率从**6kW**到**20kW+**，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

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
慕尼黑上海光博会展台
国家会展中心 8.1H-E118
2020.7.3-7.5

www.precitec.com

更短波长的可见光逐鹿激光加工市场

在今年的两会上，新基建再度成为关注的“热词”。不同于传统的修桥、造路等钢筋混凝土工程建设，新基建是建立在数字化基础之上的新经济形式。它不仅是国家战略，同样也是各行各业正在努力抢夺的战略高地。

新基建战略涉及七大领域，包括 5G 基建、特高压、城际高速铁路和城市轨道交通、新能源汽车充电桩、大数据中心、人工智能和工业互联网。这是一个堪称颠覆性的战略，它将为众多行业带来新的发展机会。其中涉及 5G 通信、轨道交通、新能源汽车、工业互联网等诸多行业，都与激光加工密切相关。尤其是与 5G 通信相关的 5G 手机制造、以及新能源车的制造，必然免不了大量铜或是其合金材料的使用，因此也对铜的高质量加工工艺、特别是焊接工艺提出了极大需要和极高要求。

过去，焊接铜通常使用的是红外激光，但是由于铜对红外光的能量吸收率较低，并且焊接过程中容易产生飞溅物，因此导致铜的焊接质量和焊接效率并不理想，亟需更好的焊接工艺出现。

在本期的封面故事中，介绍了蓝光激光器在铜焊接应用中所取得的成果。铜对 450nm 蓝光的吸收率高达 65%，焊接过程无飞溅，实现了更加精密的焊接质量。Nuburu 公司已经推出了功率达 1500W 的超高亮度蓝光激光器，除了能够用于铜等高反金属的焊接外，还可用于切割、熔覆、增材制造、精密加工等材料加工领域 (p20)。

除了蓝光之外，绿光激光在铜加工方面也有其自身优势。在本期的应用天地中，通快公司详细介绍了其功率高达 2kW 的工业级连续波绿光碟片激光器，在铜焊接中所取得的焊接结果，以及在电池箔焊接方面的应用实例。这款光束质量和功率水平双高的碟片激光器，大大满足了动力电池生产过程中对于铜焊接的高质量要求 (p14)。

Strategies Unlimited 公司分析师 Allen Nogee 于今年 3 月发布的全球激光器市场回顾与预测显示，2018-2019 年激光应用在传感器市场表现突出，实现了高达 67% 的惊人增长；预计 2020 年传感器市场依然有望表现最好，有望实现 29% 的增长速度。虽然这个预测增长率尚未考虑到疫情的影响，但是一旦经济恢复，市场需求便会复苏 (p12)。

本期内容中，还包括了相干的准分子激光器在推动大尺寸石墨烯薄膜生产方面的应用 (p26)；新型便携式拉曼光谱系统，能够透过不透明的包装，识别包装内的样品 (p18)；作为 3D 传感应用中的核心器件之一的 VCSEL，已经实现了高达 45% 的功率转换效率 (p31)；以及业界资深人士 LightWave Advisors 公司总裁对投资光子学领域的独家观点 (p42)。希望本期内容能为您的工作提供参考。❑

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

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

颠覆性多功能皮秒激光器

Surround the Workpiece® 整套光电解决方案





IceFyre™ 皮秒激光器优势：

- 高功率紫外和红外模式
- 行业领先的性价比
- 领先的脉冲控制功能
- 极其紧凑，“It’s in the Box™” 激光器
- 24 / 7 全天候工业可靠性

应用：

- 5G 柔性电路（FPC）切割 / 钻孔
- OLED 加工
- ITO 钻孔 / 划线
- 薄膜切割
- 陶瓷加工

电话 010 62670065
邮箱 info@spectra-physics.com.cn

更多信息请访问 **www.spectra-physics.cn**

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

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

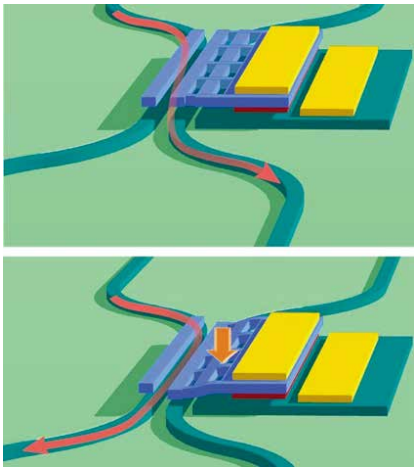
紧凑的光学传感器实现纳米计量“片上实验室”

荷兰埃因霍温技术大学表示，凭借着专为片上传感而设计的紧凑型传感器，面向纳米传感的“芯片上的纳米计量实验室”将触手可及。

这种传感器能提供更高的分辨率，并集成了用于“片上实验室”平台的激光器和探测器。

得益于纳米光机系统的发展，用于在纳米尺度上测量运动、力和质量的紧凑型光学传感器，现在已经成为可能。但存在一个限制因素，就是需要一台窄线宽可调谐激光器，而将其整合到这样的传感设备中却比较困难。

为了解决这个问题，埃因霍温理工大学的研究人员设计了一种新的光机装置，其分辨率为 45fm（45×10^{-15}m），



测量时间仅为几秒钟。开发人员补充道：“最为关键的是，该设备具有 80nm 的超宽光学带宽，从而消除了对可调谐激光器的要求。”

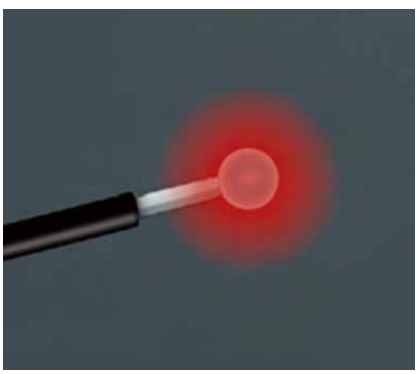
该传感器基于硅上磷化铟（InP）膜平台，其适用于包含激光器或探测器等无源器件。传感器本身由四个波导组成，两个波导悬挂在两个输出波导上方。当悬置波导被推向 InP 膜上的输出波导时，输出波导所携带的相对信号量会发生变化。

这种传感器的一个关键优点是，它可以在较大的波长范围内工作，这样就不需要在设备上安装昂贵的激光器。

在这一新设备的基础上，埃因霍温理工大学的研究人员正计划开发一个“集成在一个芯片上的完整的纳米计量实验室”，该芯片可用于半导体计量学，有助于设计下一代微芯片和纳米电子器件。❑

医用异型玻璃扩散器可处理高功率激光

光疗法已经成为治疗疾病的一种新方法，例如用于治疗癌症、牛皮癣、腿部静脉扩张等。这种局部光治疗需要较高的光强度，这将得益于通过光纤实现的激光传输。

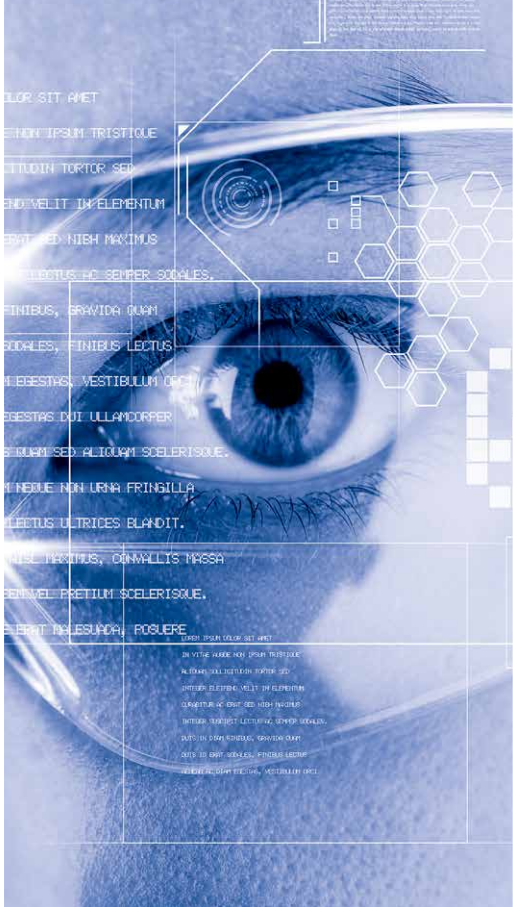


如何在保证临床使用效率和耐用性的同时，以精确的分布方式将光传送到治疗区域，依然是光疗法面临的主要问题。针对这一问题，德国肖特公司的工程师开发出了由肖特所称的“玻璃状材料”制成的扩散器，据悉这种材料能在高激光功率下产生均匀的激光输出，并且能高效地传输可见光、红外光和紫外光；这些材料包含散射元件，能以高效（低吸收）的方式提供高达 20W 的激光。

能够处理高功率的能力至关重要，因为功率过高引起的过热，可能会导致塑料元件融化，或是引发组织灼伤。该扩散器安装在光纤端部，具有生物相容性和物理耐久性，虽然它们是为一次性使用的仪器而设计的，在使用后被丢弃（与重复使用的仪器不同，重复使用的仪器经过消毒后会重复使用）。

扩散器的几何结构有扁平形、圆柱形和球形，也能提供定制形状。圆柱形扩散器的典型长度为 5~50mm，直径小于 100μm，光学输出高达 500mW/cm^2；球形扩散器的典型直







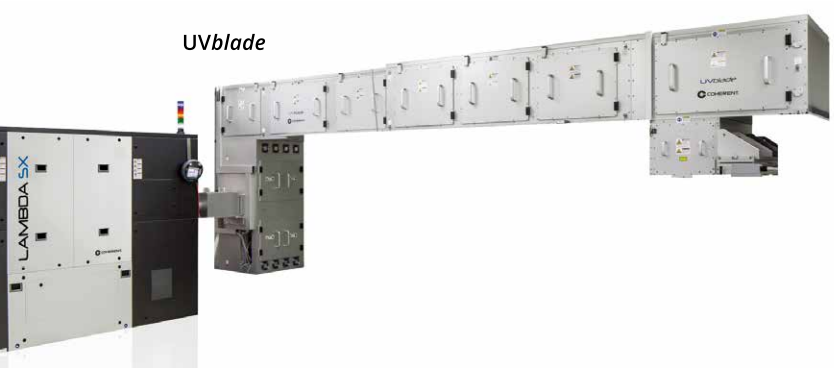
单次扫描六代玻璃的 OLED 加工

UV*blade* 激光系统其线光束长度可达 950 mm, **单次扫描**即可完成半板六代玻璃 Gen 6 OLED, 的激光剥离 (LLO), **无需拼接**。配备 Coherent 独特的按需脉冲 (POD) 功能，仅在需要激光照射时打开激光，大幅度**降低运行成本**。

了解更多信息 – 请访问coherent.com

2020年7月3日-5日
慕尼黑上海光博会
欢迎莅临相干展台8.1H A540

UV*blade*



COHERENT®
Superior Reliability & Performance

径为 0.3~1mm，支持高达 20W 的光学输出功率。

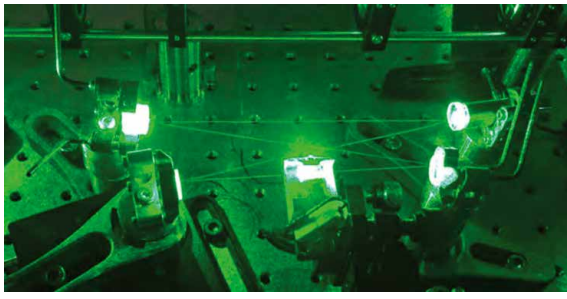
扩散器的工作波长从近紫外到近红外波段，最大工作波长为 2μm。“我们下一步预期的研发步骤是进一步改善 NIR/IR 光谱的传输，以及实现具有挑战性的发射模式。”肖特公司照明和成像业务开发主管 Juergen Hammerschmidt 介绍说。❑

金刚石布里渊激光器能产生毫米波频率

澳大利亚麦格理大学的研究人员发现了一种新颖实用的布里渊激光器（结合光 / 声相互作用进行光放大的激光器），这种激光器的输出功率比任何其他布里渊激光器高 10 倍。

对于这类激光器来说，金刚石是一种特别有趣的材料：它的高导热性使得能够制造出同时具有高稳定性和高功率的微型激光器；此外，金刚石中的声速（18km/s）也远高于其他材料中的声速，使得这种激光器能在难以达到的毫米波段（30~300GHz）通过光混频直接合成频率。

这些频率的合成至关重要，因为有一个内在机制，可以将频率噪声降低到下一代雷达和无线通信系统所需要的水平。这对于电子或其他基于光子的方案来说，是一项巨大挑战。这种新型激光器是第一台使用金刚石的台式布里渊激光器，为布里渊激光器提供了一种提升性能的实用方法。

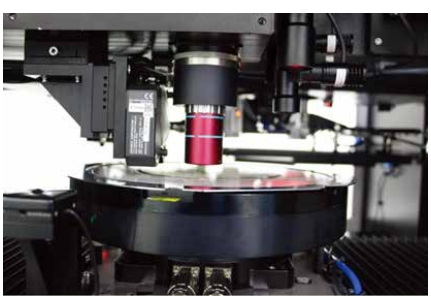


与早期的布里渊激光器相比，金刚石布里渊激光器不必限制波导中的光波或声波以增强相互作用。因此，这些激光器在尺寸上更容易缩放，在控制激光特性和增加功率方面具有更大的灵活性。金刚石载声材料中只沉积了极少量的能量，能产生频率超纯且稳定的光束，能产生新频率，以及实现具有极高效率的激光器。

金刚石布里渊激光器产生超过 10W 的光功率，并展示了通过 532nm 输入合成了 167GHz 频率。下一步，研究人员希望展示具有更高频率纯度和功率水平的激光器，以支持量子科学、无线通信和传感的未来发展。其他应用包括超灵敏的引力波探测，以及在量子计算机中操控大型量子位阵列。❑

我国首台半导体激光隐形晶圆切割机问世

中国长城科技集团官方宣布，旗下郑州轨道交通信息技术研究院、河南通用智能装备有限公司，历时一年联合攻关，我国第一台半导体激光隐形晶圆切割机研制成功，填补国内空白，并实现了最佳光波和切割工艺，在关键性能参数上处于国际领先水平。



中国长城表示，这标志着我国半导体激光隐形晶圆切割技术取得实质性重大突破，相关装备依赖进口的局面即将打破，开启了我国激光晶圆切割行业发展的序幕。

晶圆切割是半导体封测工艺中不可或缺的关键工序，与传统的切割方式相比，激光切割属于非接触式加工，可以避免对晶体硅表面造成损伤，并且具有加工精度高、加工效率高等特点，可以大幅提升芯片生产制造的质量、效率和效益。

该半导体激光隐形晶圆切割机通过采用特殊材料、特殊结构设计、特殊运动平台，可以实现加工平台在高速运动时保持高稳定性、高精度，运动速度可达 500mm/s，效率远高于国外设备。在光学方面，根据单晶硅的光谱特性，结合工业激光的应用水平，该设备采用了合适的波长、总功率、脉宽和重复频率的激光器，最终实现了隐形切割。在影像方面，采用不同像素尺寸、不同感光芯片的相机，配以不同功效的镜头，实现了产品轮廓识别及低倍、中倍和高倍的水平调整。此外，该装备还搭载了同轴影像系统，可以确保切割中效果的实时确认和优化，实现最佳切割效果。❑

2019– 2024 年间，VCSEL 市场将以 31% 的复合年均增长率增长

在2020 年 Photonic West 期间举办的激光与光电市场研讨会（Lasers & Photonics Marketplace Seminar）上，Lightwave Advisors 公司总裁及来自 II-VI、Vixar/Osram、Array Photonics 以及市场研究公司 Yole Développement 的专家们，探讨了目前增长最快的垂直腔表面发射激光器（VCSEL）的市场情况及发展趋势。

消费电子产品仍然是 VCSEL 的主要市场，随着传感功能在智能手机中的出现，3D 传感器的硬件市场规模将在 2020 年增长到 140 亿美元，VCSEL 将在其中占据 9%~10% 的市场份额。

虽然消费电子产品仍然是 VCSEL 最大的应用领域，在 VCSEL 的销售收入中也占据了最大的份额，但市场上也涌现出了 VCSEL 的其他应用机会。

市场研究公司 Yole Développement 的 Martin Vallo 预计：VCSEL 的市场规模将从 2019 年的 12.47 亿美元，增长到 2024 年的 37.75 亿美元，复合年均增长率将高达 31%。（见图 1）。Martin Vallo 提供的数据显示，在 2019 到 2024 年间：消费电子产品仍将是 VCSEL 的最大细分市场，将会从大约 10 亿美元增长到 34 亿美元；汽车市场将增长到 3000 万美元；工业应用市场将有望从 9700 万美元增长到 2.38 亿美元。虽然 VCSEL 的应用市场在逐渐多元化，但移动和消费市场仍是主战场，占据总收入的近 90%。

II-VI 公司的 Karl Heinz Gulden，从生产制造商的角度谈论了 VCSEL。II-VI 拥有大批量生产 VCSEL 所需要的精密半导体芯片的能力。II-VI 主要关心的问题是增加晶圆尺寸，进而增加芯片的产量。在过去的 25 年里，II-VI 已经从两英寸晶圆过渡到现在的 6 英寸晶圆，这使得单个 VCSEL 具有了更高的功率，因为它们能够使用更多的发射器。当然，更高的产量也降低了每个发射器的成本。

VCSEL 除了在产量方面的提升之外，还涌现出了如下趋势：

- **集成性提高**：探测器、驱动器电子器件和光学元件，可以实现芯片级或模块级的集成。
- **需求量增大**：成本的降低，将导致新应用出现，因此对 VCSEL 的需求量也将随之增大。
- **新材料驱动新市场**：磷化铟（InP）和氮化镓（GaN）等新材料将扩大 VCSEL 的光谱范围，同时开拓新的应用市场。

美国 Vixar 公司是一家无晶圆厂 VCSEL 设计公司，2018 年被 Osram 收购后，完全具备了自己的芯片制造和封装能力，而 2019 年 Osram 又被

下转第13页

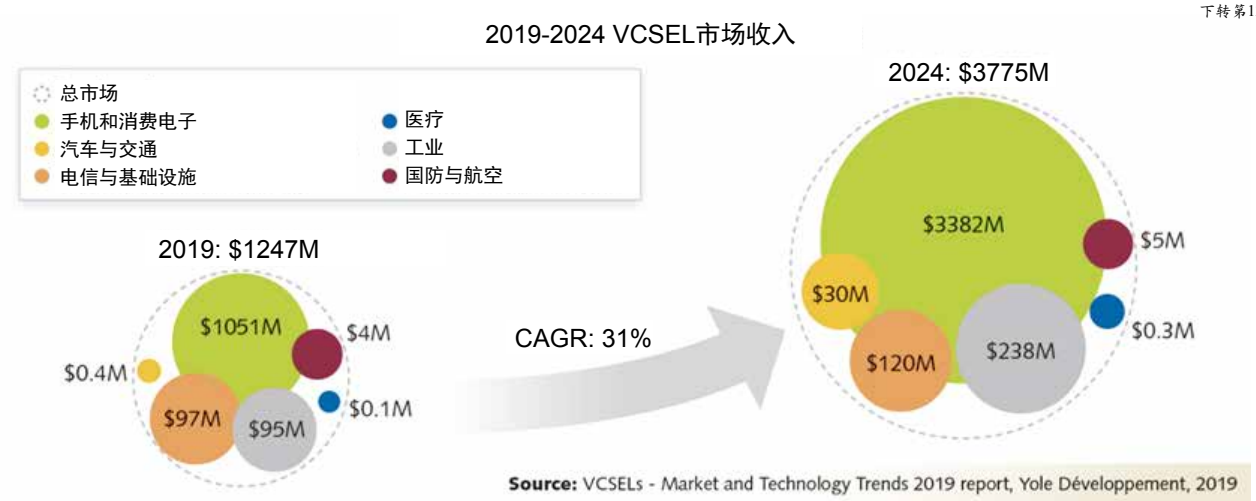


图1：预计VCSEL市场将从2019年的12.47亿美元，增长到2024年的37.75亿美元，复合年均增长率将高达31%。

全球激光器市场回顾与预测：传感器市场表现突出

文/Allen Nogee，Strategies Unlimited公司分析师

对于激光制造业而言，2019年是喜忧参半的一年。一方面，用于材料加工的激光系统收入下降了12%；另一方面，整个激光器市场增长了4.8%，这与2019年底的数据估算基本相符（见图1）。2019年，增长最快的两个细分市场分别是传感器市场和军用市场，两者都分别比2018年实现了超过60%的大幅增长；同时，医疗、光刻和显示制造领域也呈现出了积极的增长势头。

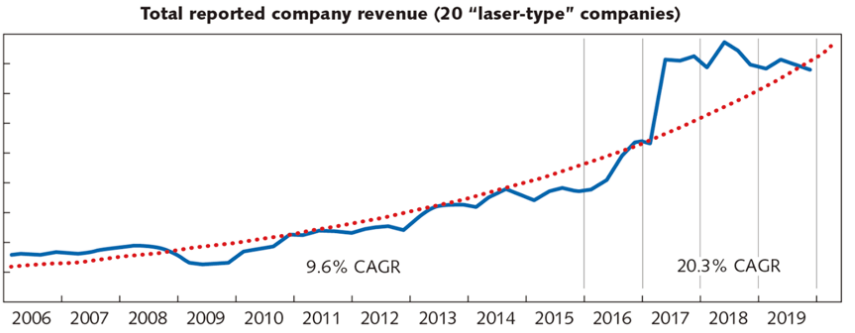


图1：经过多年的温和增长，全球激光器市场的总收入在2016年激增，2019年再次恢复温和增长态势。

从全球经济情况来分析，影响2019年激光器市场发展的一个最重要的因素是：2019年中国工业生产增长更加缓慢，仅增长了5.1%，低于2018年的5.9%和2017年的6.5%；这也是中国17年来所经历的增长新低。在欧洲市场，工业生产的增长为-1.6%；而美国的工业增长情况基本与上年持平，增长了1.2%（2018年增长了4.1%）。

如果能有一个单一指标来解释这种增长趋势的话，那么这个指标就是中国汽车市场。2019年中国汽车的销量下降了8.2%；2019年和2020年上半年，预计中国将有6000家汽车经销商关门，约占总数的20%。

因此，中国工业激光制造市场的进一步增长并不乐观。尽管如此，中国市场的激光器销量仍在小幅上升。但是，随着千瓦级激光系统的平均售价出现了30%的下降，激光公司的利润已经在减少。随着越来越多的低成本激光器（尤其是光纤激光器）进入市场，激光技术开始被广泛推广和采用。超短脉冲激光器也有类似的发展趋势。从目前的市场发展阶段来看，激光器已经成为一种商品，因此，以销售价格为基础的竞争将日趋激烈。

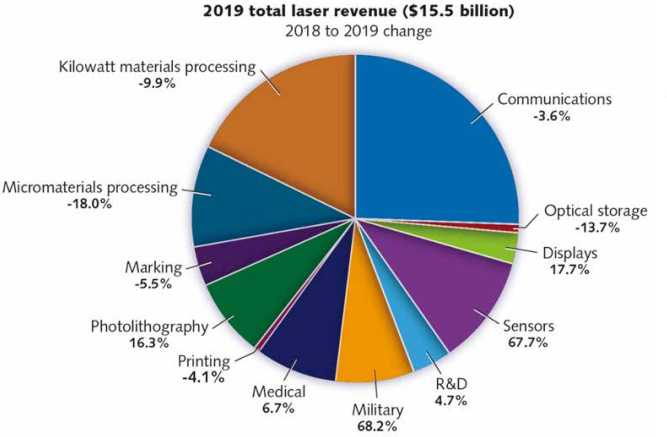


图2：2018年到2019年，各个细分激光应用市场的收入增长情况：材料加工和光存储领域出现了明显下降；而军事、传感、显示和光刻领域实现了两位数增长。

美中贸易战带来的关税问题也对市场的发展有一定影响，但是这个影响远没有中国市场放缓的影响大。最终，中美贸易战刺激了中国激光企业的进一步发展。

从各个应用细分市场来看（见图2），用于光刻的激光器市场以16%的年增长率脱颖而出，市场规模达到10亿美元。这种增长背后的主要推手是极紫外（EUV）系统的出现，该系统需要非常强大的CO_2激光器。

2019年通信用激光器的总收入预计为40亿美元，比2018年下降了3.6%。下降的主要原因依然是中国经济的不确定性和5G无线系统的延迟推出。相比之下，医疗激光器市场表现不错，比2018年增长了6.7%(2018年增长10.1%)。

2019 年，平板显示市场经历了向 OLED 的巨大转变。仅三星一家公司就将其 50% 的 LCD 产能转换为 OLED 生产。事实上，这个细分市场很大程度上依赖于苹果公司，苹果已经计划 iPhone 12 产品将 100% 采用 OLED 显示屏。据估计，2019 年平板显示市场的总收入将达到 4.8 亿美元，基本与 2018 年持平。

采用边缘发射二极管和 VCSEL 的传感器市场表现最好，2019 年迅猛飙升了 48%，实现了 15 亿美元的总收入，其背后的主要驱动力来自于每年生产的数亿只 VCSEL。虽然智能手机和未来的激光雷达应用将推动这一市场的进一步增长，但是未来制造商可能会面临越来越激烈的竞争和更低的销售价格。

展望 2020 年，预计全球激光器市场的总销售额将增长 11%，达到约 170 亿美元（2019 年为 155 亿美元）。当然这一数字是在 2020 年 1 月估算出的，当时尚未考虑到 COVID-19 疫情的影响。

到目前为止，预计材料加工和医用激光器市场将保持 5% 的温和增长；通信激光器市场将出现 12% 的强劲增长；显示器市场将增长 11%。传感器市场依然有望表现最好，实现 29% 的增长速度。当然，所有这些预测都将取决于 COVID-19 疫情对中国乃至世界经济的影响。【该报告发表于 2020 年 3 月】❑

相干公司发布第二季财报，同时调整市场战略

5 月 27 日，美国相干（Coherent）公司公布了截至 2020 年 4 月 4 日的 2020 财年第二季度的财报。受 COVID-19 疫情影响，相干公司二季度净销售额为 2.93 亿美元，同比下降 21%。

相干执行副总裁兼首席财务官 Kevin Palanik 表示：“没有人知道 COVID-19 将对全球经济产生多长时间的影响，但根据我们的积压订单和资产负债表来看，可以判断公司在未来几个季度将处于稳定状态。但是，我们的短期策略依然是增加现金流，并将启动‘从优秀到卓越的转变计划’。”

从优秀到卓越的转变计划包括：

1．调整细分市场策略，即只有在细分市场占据 No.1 或 No.2 的位置时才会参与市场竞争；

2．不再参与光纤激光器市场的价格战，并将退出同质化竞争的光纤激光器市场；

3．专注于能体现技术优势并能获得市场回报的领域（如微电子、生物仪器和医疗设备制造）；

4．加大对 OLED 市场的投入，利用自身优势推动 micro LED 显示器等技术的进步，这些技术在未来将与激光加工愈发紧密。

上接第11页

VCSEL 领域的另一家主要厂商奥地利传感器芯片制造商 ams 所收购。

Vixar/Osram 的 Mary Hibbs-Brenner 分享了她在 VCSEL 市场方面的两点宝贵经验：第一，要选择成本更低的解决方案吗？未必；第二，面对新兴市场该怎么办？筹钱快跑！

对于新的市场趋势，她强调了汽车市场，包括汽车内部和外部应用。对于激光雷达而言，更大的功率、更高的集成度和更小的上升时间，是领先的技术趋势。在医疗和保健市场，面对的问题是：是否要购买数以百万计的一次性设备，这些设备依赖于几万个期间，可能需要更高级别的组装。

Array Photonics 公司的 Ali Torabi 以一个新材料开发者的身份，补充了他的观点。新材料可以将 VCSEL 的光谱范围扩展到 13xxnm 的红外波段，以提高人眼的安全性。这也将减少太阳和大气对激光雷达的干扰。未来的发展甚至可以将 VCSEL 的光谱范围扩展到 15xxnm。

VCSEL 是光子学中少数具有巨大增长潜力的市场之一，其主要应用仍然在智能手机上。迄今为止，VCSEL 依然主要用于智能手机正面的人脸识别。背面的 VCSEL 可以帮助实现 3D 拍摄。当然，这些应用将对消费者产生多大的吸引力，仍有待观察。

VCSEL 是一个大的市场，很有可能吸引更多 LED 制造商参与进来。无论怎样，VCSEL 的未来是光明的。虽然数据通信是 VCSEL 的首个市场，但是消费电子产品却为 VCSEL 带来了真正的市场增长。汽车、医疗保健和工业应用领域（如增材制造）的新应用，将推动 VCSEL 市场进一步增长。VCSEL 成本的不断下降和新材料的研发，将有望为 VCSEL 开辟更多新的、未知的应用领域。❑

通快 2kW 绿光激光器在铜焊接中的应用

通快的2kW工业级连续波绿光碟片激光器，可以焊接高反材料铜且几乎没有飞溅，这大大满足了动力电池生产过程中对于铜焊接的高质量要求。

文/Eva–Maria Dold，Elke Kaiser，Sebastian Pricking；通快公司

铜及其合金的使用率正在迅速增加，特别是在电动汽车和电子领域。过去常用近红外激光器焊接铜，但能量吸收率低，且容易产生飞溅物，导致焊接质量和效率并不理想。因此这些领域亟需优质且可再现的焊接工艺。

2015 年，通快推出了首款波长为 515nm 的脉冲高功率激光器，特别适用于具有热敏感环境的铜焊接工艺。[1] 与近红外激光器相比，铜对绿光激光器的能量吸收率很高，并且这些特性与表面条件无关。[2],[3] 自从通快首次推出绿光碟片激光器以来，近些年又在功率方面取得了很大的进步。

下文中，将介绍通快的 2kW 工业用绿光碟片激光器在连续波（CW）模式下的铜焊接应用结果。激光器的光束参数 BPP 为 6mm · mrad，在数值孔径 NA 为 0.1 的情况下，最小光纤直径为 150μm。在可见光范围内，将连续波功率和光束质量相结合的技术实践是通快的创举。通过碟片振荡器和谐振器内部的非线性晶体产生二次谐波，可实现 2kW 的最高输出功率。高 BPP 可以用于较长的工作距离，并支持焊接扫描振镜的较大工作范围。

焊接结果

不论焊接速度如何，使用绿光焊接可在 100μs 内形成熔池。[1] 在使用传统的红外激光焊接铜时，熔化时间会有很大差异，特别是在普通光束质量下。因为其较低的能量吸收率，会导致部分位置无法焊透。然而，由于铜对于 515nm 波长激光的出色吸收率，即使在高焊接速度下也可以确保焊缝在所需的位置。同时，在使用绿光焊接铜时，耦合能量非常稳定，可以防止材料过热，有利于防止飞溅和炸孔的产生。[4]

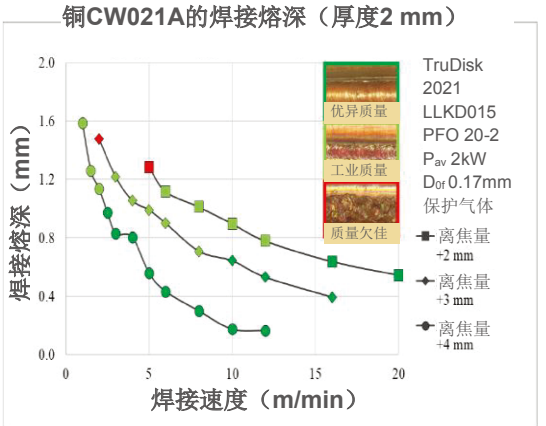


图1：使用通快TruDisk 2021对纯铜（厚度2mm）进行平板堆焊的焊接结果。

对于铜焊接，散焦形成的空间光束可以显著改善焊接质量。[5] 绿光的高吸收率使光束直径和光束形状具有更大的自由度。如果使用更圆的型材，其外部区域仅达到熔化温度，则会在匙孔周围形成一个熔化环。这可以保

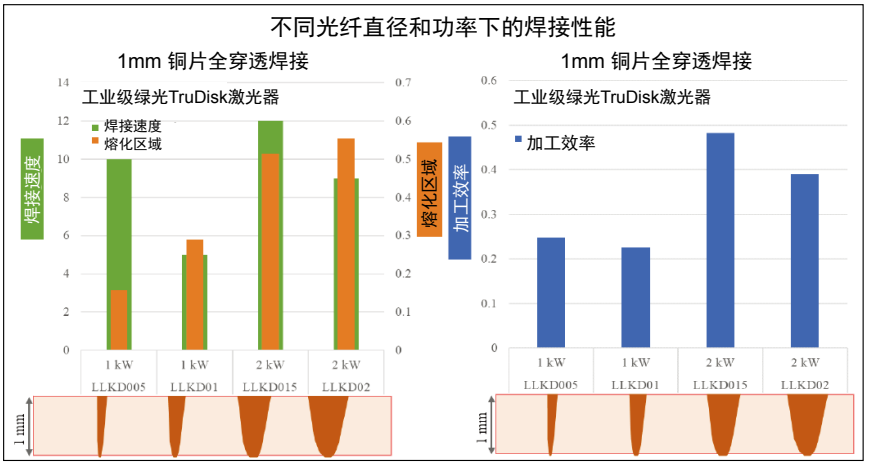


图2：工业级TruDisk绿光激光器，在不同光纤直径和激光功率下，焊接1mm 铜片的性能对比。

持工艺稳定，改善焊缝质量。[5]

如图 1 所示，我们研究了用 2kW 绿光激光器在 2mm 厚的铜板上进行不同离焦量的焊接。平板堆焊的结果证实：随着激光功率的提高，焊接质量的提升与光束形状相关。在 1mm 熔深范围内的铜焊接，使用绿光激光器可以获得更高的焊接质量。如果可以接受轻微的不平整或少量飞溅物，则可以采用更高的焊接熔深或焊接速度。该 2kW 绿光激光器不仅可以提供优异的光束质量，而且还支持扫描振镜（PFO，可编程聚焦光学器件），PFO 具有良好的工作距离（例如 265mm）和较大的工作范围。

绿光激光器不失为一种灵活高效的焊接工具。通常，其他可见光激光器的光束质量较低（较大的光纤直径和发散角），只能在非常短的焦距下使用；如果进行扫描焊接，只能实现较小的工作距离和工作范围。相比之下，绿光激光器无需摆动就能实现出色的焊接结果，简化了参数确定，可带来稳定的工艺。

不同光纤直径和功率下的焊接性能

与 1kW 绿光激光器相比，2kW 绿光激光器可显著提高加工效率 η，同时增加熔化区域。基于简化公式确定加工效率，并考虑了材料因素、激光功率、焊接速度和熔化区域 (1)。[6]

$$\eta = \frac{E_{nom} \cdot A_{seam} \cdot v}{P_{av}} \cdot 100\% \quad (1)$$

图 2 显示了 1mm 厚铜板的最大焊接速度。在光纤直径小的情况下，可以实现较高的焊接速度，但是焊接区域非常窄。这可以应用于小型部件上的较细焊缝的焊接。

如果在相同功率下使用更大的光纤直径，则需要更多的加工时间才能达到 1mm 的焊接深度。但由于其具有更大的光束直径和更长的激光作用时间，可以产生更大的横截面以及恒定的加工效率。

随着绿光激光器功率的增加，能获得更高的焊接速度和更大的熔化区域。为了减小电子部件中的电阻，尤其需要较大的焊接区域。激光器功率过度补偿了铜的高散热性，这有助于焊接结果，而不是损失到基体材料中，因此更高的功率带来更高的加工效率。在我们的测试中，两个或多个零件的焊接几乎达到了基体材料的电导值。

此外，我们还使用 TruDisk 2021 进行了不同材料的焊接。不锈钢和铝也可以通过绿光激光器进行高质量焊接（见图 3）。我们测试了常用的不锈钢合金 X5CrNi18-8 和纯铝。纯铝在电动汽车领域，特别是动力电池的生产中举足轻重。测试结果显示，TruDisk 2021 激光器可以用于制造工艺中的不同生产步骤，适用于不同的材料。

热传导焊接

通快的绿光激光器能够在两种焊接方式下工作——深熔焊和热传导焊，因此可以在同一个工艺步骤中实现稳定连续的焊接表面。如果需要无飞溅物焊接，强烈建议在低于汽化温度的条件下焊接。由于没有匙孔，因此熔池中没有额外的动力来搅动焊接过程。熔池的唯一运动可能是由马兰戈尼效应引起的。

通常，以热传导方式焊接铜并不简单。由于材料具有高热导率，大部分能量被材料本身反射掉。因此，在设置激光焊接工艺时必须考虑工件的尺寸形状。为简单起见，本报告中的所有焊接测试都主要在平坦的正方形板上进行。

实验证实：更大的激光功率可以增加热传导焊的焊接熔深。当比较 1kW 和 2kW 绿光激光器时，可以在相同强度下以更大的激光功率将焊接熔深加倍。为了获得相同的强度，我们使用了更大的光束直径。较大的激光作用区域减少了热传导引起的总损失。由于具有较高的可用强度，较大的激光功率还可以提供相对较快的焊

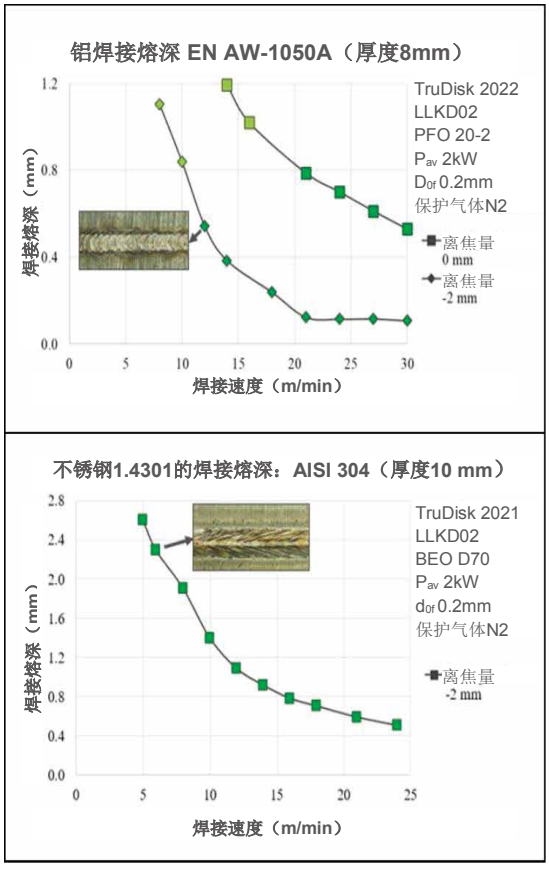


图3：使用TruDisk 2021在纯铝（Al99.5，厚度8mm）和不锈钢（厚度10mm）中进行平板堆焊。

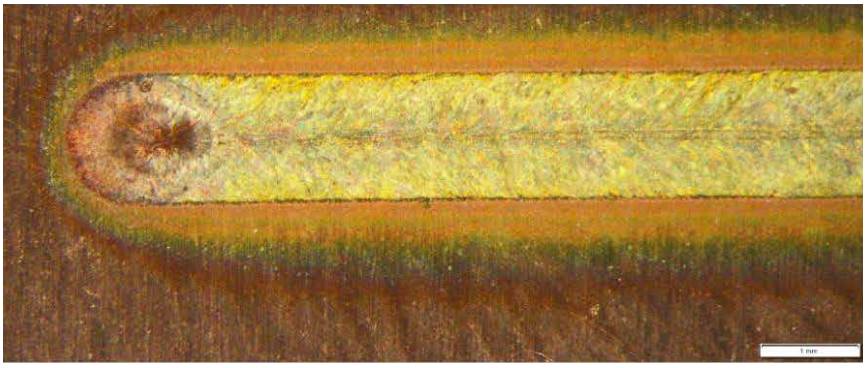


图4：在厚度为0.5mm的纯铜中进行热传导焊接的焊缝表面。

接速度。在总厚度为 1mm 的重叠样品零件中，使用 2kW 绿光激光器以 20m/min 的焊接速度在热传导模式下焊接，可以实现 0.3mm 的焊接熔深。

对于钢的焊接，使用近红外激光器只能提供较慢的焊接速度。与钢相比，由于铜具有高导热率，材料会非常快速地散发热量，但可以通过提高焊接速度部分补偿这种影响。通过实验发现，可以在热传导模式下焊接 0.5mm 厚的铜（见图 4）。

应用案例：电池箔焊接

动力电池是电动汽车的核心部件，很多话题围绕电池的改进和生产而展开，电池箔与连接器极耳的焊接就是其中之一。电池箔只有几微米厚，每个极耳上搭配 30-100 层铜箔，而极耳的厚度通常为 0.4~2mm。

灵活的远距离加工和集中热量输入，使绿光激光器成为铜箔焊接的理想之选。与其他焊接方法（如超声波焊接）相比，它可以增加箔片数量。更多的箔片可以使电池更高效，而对于相同的功率，它的重量也更轻。激光几乎不会对箔片施加机械应力，这也就是说箔片几乎不会受到损伤，按照目前电池厂商的生产工艺，通常是先经过超声波焊接，再使用激光焊接。这种做法不仅结构设计复杂，而且生产时间较长。现在，电池厂商使用绿光激光器，可以完全省略超声波焊接步骤，对工件直接进行远距离焊接，大大简化了结构设计，并显著提高了生产效率。

铜对绿光激光器的能量吸收率很高，因此绿光激光器非常适合铜箔焊接任务。周围的敏感零件（例如塑料外壳）仅会因热或反射而受到轻微的压力。利用绿光激光器进行箔焊接的主要优点是，每个箔层都会显示出相同的、恒定的高吸收率。对于红外激光器，它在加热箔片时只能提供低吸收率，并且对周围环境具有高反射率。每个箔片都是红外波长的新屏障。如果使用绿光激光器，箔片将能够一起快速熔化，所需的熔化时间和能量输入更少。由于箔片的柔韧性很好，预热易变形，因此它们会在熔化在一起之前彼此分离。绿光具有高吸收率，熔化时间短于箔片所需的变形时间。高集中和快速热量输入，还可以减少极耳底部和下方零件的热应力。这样可以使整个电池的极耳厚度更小、重量更轻。

我们测试了 100 层箔片的焊接，每个箔片的厚度为 6μm。极耳厚度为 1mm，由两个 0.5mm 铜片组成。图 6 显示了焊接结果。焊缝长度为 10mm。根据所需的电流，将焊缝宽度设置为 2mm。所有箔片与极耳均实现了牢固焊接，总焊接时间约为 480ms。

尽管如此，箔焊接仍是一项非常具有挑战性的任务。标配夹具永远不会完全消除焊接之间的间隙，即使间隙只有几微米的数量级。对于厚度大于 0.1mm 的普通工件，该微间隙没有明显的影响，因为它的大小小于焊接物体之间的大小。对于箔焊接，微间隙约为箔片自身厚度的约 10%~60%。在焊接过程中，这些微间隙会导致焊缝凹陷，因为熔化区域的体积小于未焊接的堆叠（例如使用 6μm 箔片，每个箔片之间的微间隙为 2μm=30% 焊缝凹陷）。焊接过程中，封闭在铜箔间的间隙中会有少量的气体，在高温金属熔化温度下混进熔池中形成

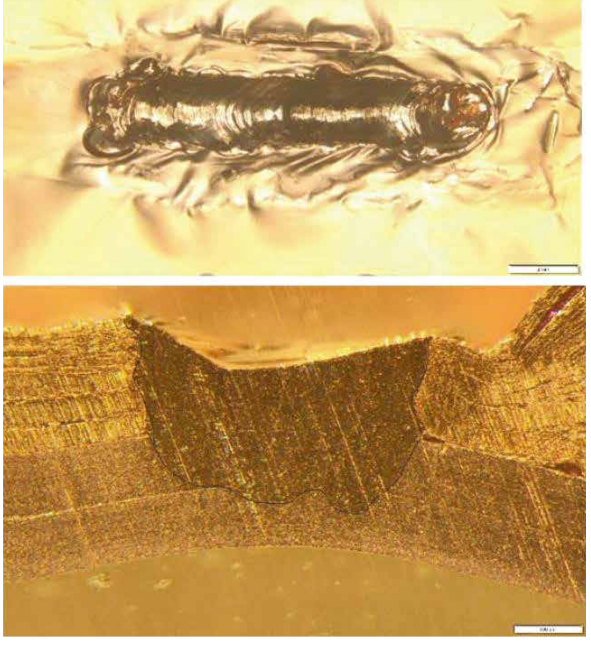


图6：在两个0.5mm CW021A（脱氧铜）连接器上焊接100片堆叠的薄铜箔（每个6μm）。

气孔，或在向上逸出过程中形成飞溅在表面形成炸孔。我们仍在研究合适的夹具设计。此外，还要确保箔无任何灰尘、油脂膜或其他污染物，因为薄的污染膜可能具有一定的厚度，而这一厚度与箔厚度相比不可忽略。

总结

通快工业级绿光激光器 TruDisk 2021，能够以 6mm · mrad 的光束参数提供 2kW 的最高输出功率，非常适合纯铜焊接。由于它的光束质量好，因此可以进行高质量深熔焊，也可以进行热传导焊来实现均匀连续的焊缝表面。对于铜加工，其他激光技术尚无法提供一机两用的焊接方式。与通快此前推出的 1 kW 绿光激光器相比，TruDisk 2021 输出功率提升到 2kW，可以显著提高焊接熔深和焊接效率。

绿光激光器非常适合电动汽车领域的铜焊接应用，尤其适合热传导焊，能够获得高质量的焊接结果。它还可以焊接其他常用材料，如不锈钢或铝，实现一台激光器在多种应用上的灵活部署。在动力电池中的铜箔焊接中，绿光激光器尤其表现出了更大优势。可见光波段的大功率激光器，将有望用于更多我们未知的应用领域。❑

参考文献

1. Kaiser, E., Huber, R., Stolzenburg C., Killi, A., „Sputter-free and Uniform Laser Welding of Electric or Electronical Copper Contacts with a Green Laser," Lasers in Manufacturing Conference, Munich, 2015.
2. Bliedtner, J., Müller, H., Barz, A.„ Lasermeterialbearbeitung: Grundlagen - Verfahren - Anwendungen – Beispiele ", Munich, Hanser, 2013.
3. Amorosi, S., Sidler, T., Salathe, R., Schwob, H., Hertzberg, J., "Reliable laser micro-spot welding of copper," Proceedings of SPIE, 2003.
4. Dold, E.-M., Willmes, A., Kaiser, E., Pricking, S., Killi, A., Zaske, S., "Qualitativ hochwertige Kupferschweißungen durch grüne Hochleistungsdauerstrichlaser, " METALL, Vol. 72, 10/2018, p. 345-347.
5. Kaiser, E., Dold, E., Killi, A., Zaske, A., and Pricking, S., "Application benefits of welding copper with a 1 kW, 515 nm continuous wave laser," in Photonic Technologies LANE, Fürth, 2018.
6. Hügel, H., Graf, T., „Laser in der Fertigung: Strahlquellen, Systeme, Fertigungsverfahren, " Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2009.



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

拉曼光谱

便携式拉曼光谱系统穿透不透明包装识别样品

共线激光激发和拉曼散射收集，能够实现包装内的样品测量，从而增加现场检测的安全性。

文/Kristen Frano，Jun Zhao；B&W Tek

在许多应用中，能够在不取样的情况下测量不透明容器内的物品属性，无论是从被分析物的完整性考虑，还是从操作者的安全性考虑，这种检测方式不仅是首选，而且也是必需的。拉曼光谱技术是一种高选择性的分析技术，它能够搭载便携式分析仪器，用于制药、安全和安保行业中的快速、无损物品识别。[1,2] 当然，拉曼光谱也存在一个局限性，那就是测量需要直接照射物品，或是物品要包装在透明容器（例如透明的薄塑料袋）内。

在受控的实验室环境中，取样测量的方式可能还是可行的；但是在现场环境中，取样测量的分析方法就不现实了，而且这样做也存在着一定的安全隐患。为了使拉曼光谱技术成为急救人员、海关人员和仓库操作人员能够使用的一项可行技术，便携式拉曼系统不但要满足样品和操作人员之间的最小接触，同时还要求能够很容易地识别暗黑的或是不纯净的样品。传统的拉曼探针在设计上与共焦拉曼显微镜类似，在共焦拉曼显微镜中，激光束的焦点与拉曼收集束的焦点重叠。样品被放置在这个焦点上以获得最大信号。这种设计，更容易透过像塑料袋这样薄而透明的包装材料，对样品进行测量。

然而，当样品被装在不透明的容器（如填充颜料的塑料容器）中时，这种传统的拉曼方法就失效了。这种不透明的容器会对入射的激光产生散射，使得激光无法聚焦到内部的样品上。因此，这种情况下所收集到的拉曼信号，将被来自容器的散射信号所干扰，并且来自内部样品的散射信号非常微弱。拉曼测量通常也在激光焦点处的一个小的采样区域进行，这个区域从几微米到几百微米。这种小的激光光斑，限制了获取非均匀样品的代表性测量值的能力，而且更为重要的是，由于测量的激光功率密度较高，会对高能材料造成危害，也会对现场操作人员带来潜在的安全隐患。

拉曼光谱技术要发展成为一种面对真实世界中的样品测量的实用性识别技术，需要克服传统拉曼光谱技术的局限性。这项技术应该能够以一种对用户安全的方式，测量存在于各种各样的包装中的暗黑或是不纯净的样品。空间偏移拉曼光·谱（SORS）是一种穿透不透明容器测量样品的技术。然而，SORS 不容易转换成共焦排列，因此常常难以直接测量。通常用于 SORS 测量的激光，也会产生类似于来自 785nm 拉曼系统的荧光。

透视型拉曼技术

最近开发的一种称为 STRaman 的透视型拉曼技术，利用共线激光激发和拉曼散射收集，能在高吞吐量下

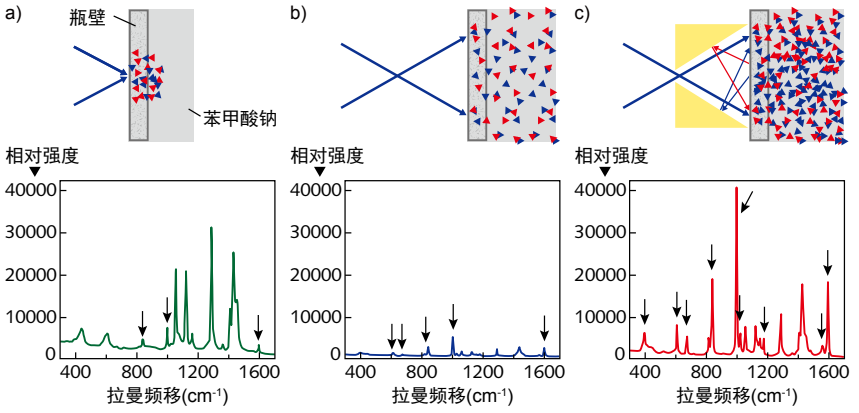


图1：（a）是白色聚乙烯瓶中的苯甲酸钠在标准拉曼配置中的光谱；（b）是覆盖更大面积、更深入样品的离焦激光激发；（c）拥有反射腔的STRaman技术，在更大面积和更深的表面下，拥有更大的增强信号。

实现样品测量。利用波长 1064nm 的近红外激光激发和反射腔进行深度测量，光照分布范围更大，这种技术克服了利用拉曼光谱进行现场测试的传统局限性。本文介绍了该技术在透过不透明容器识别未知样品方面的几个实际应用案例。

为了通过多次反射来增加光的传输和信号收集，STRaman 透视型拉曼技术依赖于一个反射腔，这个反射腔具有三个实际的测量用途。首先，它为测量提供了更大的激光光斑尺寸，减少了可能以共焦排列出现的异质样品中的点到点的变化。其次，它降低了检测暗黑样品或者能量吸收样品所需要的激光功率密度。第三，它阻挡了可能干扰测量的环境光。

反射腔的重要性用一种强拉曼散射体——苯甲酸钠来演示（见图 1）。在传统的拉曼系统中，激光焦点位于容器的表面。对于能够散射光线的不透明容器，如白色聚乙烯瓶，很少有激光能穿透容器与样品相互作用。

图 1a 显示了使用标准拉曼配置，收集到的来自白色聚乙烯瓶中的苯甲酸钠的拉曼光谱。收集到的信号被来自聚乙烯瓶的信号（红色小三角）所主导；蓝色小三角代表收集到的来自苯甲酸钠的信号，明显比红色信号要弱得多。

图 1b 是使用覆盖较大光斑尺寸（~4mm）的散焦激励光束，激光穿透包装，使得来自包装材料的散射信号更弱。利用高反射率腔体，增强了多次内反射的激发和收集到的信号，激光对样品的穿透程度更深。

图 1c 是用反射腔收集到的拉曼光谱，主要来自苯甲酸钠的信号而不是来自聚乙烯瓶的信号。这个例子说明了反射腔在穿透容器取样应用中的重要性，因为它可以将操作者和样品之间的接触降到最低程度。为了识别材料，可以使用包装材料和样品材料的光谱库、以及强大的搜索算法，将样品光谱从包装材料的光谱中分离出来。

透过多层纸包装识别样品

一些行业受益于能够透过纸包装测量样品。例如，许多制药公司收到的一袋袋的原料，通常是由棕色牛皮纸包装的，并且常常是用多层牛皮纸包装。牛皮纸由化学纸浆制成，在 785nm 和更短波长的激光激发下，会发出强烈的荧光。

许多毒品也用多层彩色纸包装，这些彩色纸在 785nm 拉曼系统下，也会发出荧光。由于这些街头毒品的潜在毒性，警察在现场打开这些包装非常危险，而且往往也明令禁止现场打开包装，以避免更多伤害案件。

蔗糖是一种常见的药用辅料，它是一种相对较弱的拉曼散射剂。通过牛皮纸包装测量这种材料，需要 1064nm 的激光激发源；因为如果使用较短波长激发，牛皮纸会产生占绝对主导地位的荧光，进而使识别变得无法实现。

在图 2 中，光谱 a）显示了使用 STRaman 配置测量的多层牛皮纸袋（带有薄层塑料衬里）中蔗糖的拉曼光谱；b）是包装材料本身的光谱；c）是光谱库中纯蔗糖的光谱。

尽管包装材料在 1064nm 的激发下仍能产生显著的荧光，但是在图 2 的光谱中，蔗糖的特征已经清晰可见（a），搜索算法以 95.6 的高命中质量指数，将该物质识别为蔗糖。

结论

虽然拉曼光谱在未知材料识别方面具有诸多优势，但是传统的拉曼仪器在识别存在于不透明包装中的样品方面，仍然存在一定的局限性。STRaman 光谱技术，通过使用大激光光斑、反射取样腔以及光谱搜索算法和光谱库，实现了透过不透明包装进行样品测量，从而提高了拉曼光谱的识别能力。

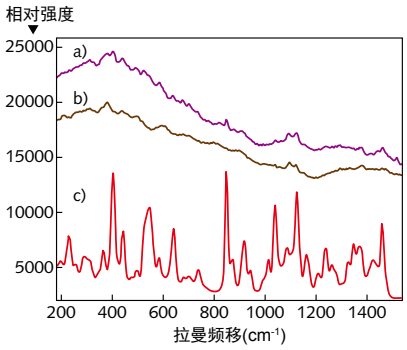


图2：谱线a）是使用STRaman配置，收集到的来自多层牛皮纸袋（带有薄层塑料衬里）中的蔗糖样品的拉曼光谱，显示了包装材料和蔗糖的特征谱线；谱线b）是包装材料的拉曼光谱；谱线c)是拉曼光谱库中蔗糖的光谱。光谱搜索算法能够从包装信号中提取样品信号，并进行可靠的识别。

在不需要取样的情况下，透过不透明包装测量样品，能够让众多领域受益，例如药品和麻醉品的鉴定。1064nm 的激光波长特别有助于减轻真实世界中的样品所产生的荧光（可能来自分析物或包装材料）。STRaman 光谱技术，能够穿透棕色牛皮纸（常用的医药原料包装材料）等这些具有挑战性的材料，进行样品的测量和鉴定。❑

参考文献

1. G. Mogilevsky, L. Borland, M. Brickhouse, and A. W. Fountain, Intl. J. Spectroscopy, 2012, 808079 (2012); http://dx.doi. org/10.1155/2012/808079.
2. M. D. Hargreaves, “Handheld Raman Spectrometers and Their Applications,” Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation, John Wiley and Sons, Chichester, England, 1–16 (2014).

蓝光加工

蓝光激光加工时代来临，你准备好了么？

随着以蓝光为首的高功率短波长激光器技术日趋成熟，更多有色金属的激光加工瓶颈将被打破，有色金属应用将迎来更广阔的天地。

文/顾正，上海瀚宇光纤通信技术有限公司

近几年有三个热词反复出现在大家视野中，它们是：国产新能源车、华为 5G 和国产大飞机。在这些热背后，是我国制造业逐步从“加工型输出模式”向“创新型制造模式”转变的过程。为了实现中华民族伟大复兴的中国梦，国务院正式印发《中国制造 2025》纲要，对中国制造业提出了更高的目标。而在制造技术高速发展的同时，对制造装备的要求也越来越高。

激光作为一种加工工具，在制造业中广泛使用。波长 0.9~1μm 的激光器，在铁基材料的切割、焊接、熔覆、3D 增材、清洗及淬火等加工工艺中，帮助提高了整体制造水平，提升着“中国制造”的技术核心。据不完全统计，2019 年全国 1μm 光纤激光器的市场规模超过 100 亿元，而全球所有用于材料加工的激光器销售总额达 61 亿美元。[1]

如今，越来越多的制造重点集中在轻量化上。手机、笔记本电脑等消费类电子产品变得更加轻薄；新能源车自重降低、续航里程增加；而飞机及航空器材的迭代更新，更是轻量化的集中体现。传统铁基金属材料在机械性能、电气性能、热、化学性能等方面不断面临着冲击和挑战。而铜、铝、钛、镁等有色金属及其复合材料，因在轻量化等方面的各项优势，被广泛应用于各种工程领域。因此有色金属的激光加工，也将成为制造环节中的核心技术。

例如焊接铜材提高电器电导率和散热性能；增材制造超高比强度的铝、钛材料来代替笨重的铁基材料在工程机械中使用；利用铜、铝异种材料焊接，制造轻薄的高容量蓄电池；熔覆铜、镍等材料提高航空器的耐高温性能以及原位生长高熵多元合金等。

有色金属对光的吸收特性

然而，有色金属通常具有金属活泼性较强、较难通过常规热处理手段提高材料机械性能、较难焊接，以及化合物及相变机理较为复杂等问题。这些问题为常规制造手段带来了巨大挑战。只有解决了有色金属的加工制造难题，才有望真正从“铁器时代”向“轻金属工程材料时代”迈进。

有色金属的激光加工和传统铁基金属材料加工有何区别呢？其中最主

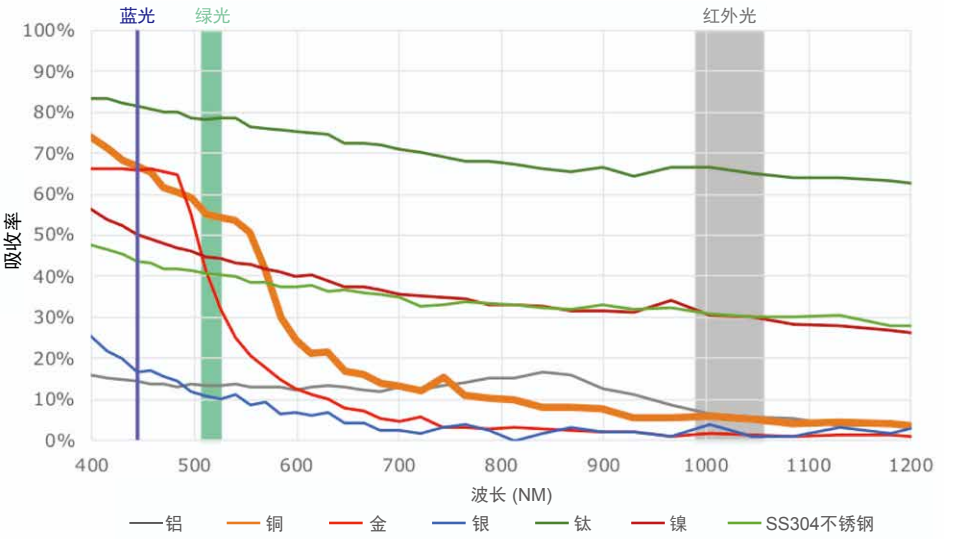


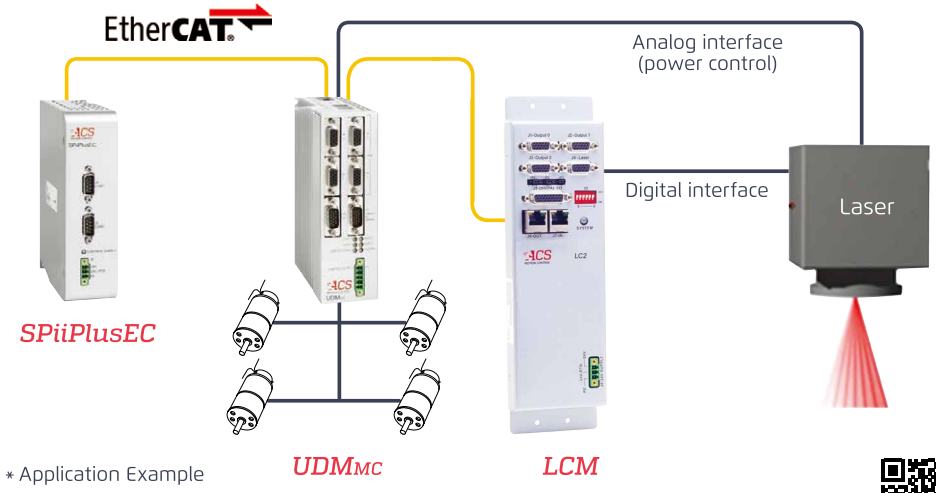
图1：NASA公布的295K常温下，各种金属材料对不同波长激光的吸收率。



精确度
吞吐量

智能运动
专注于激光微加工

ACS 运动控制
激光微加工运动控制系统解决方案 专家



* Application Example

Web

Laser Processing

ACS MOTION CONTROL

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

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

Smarter Motion

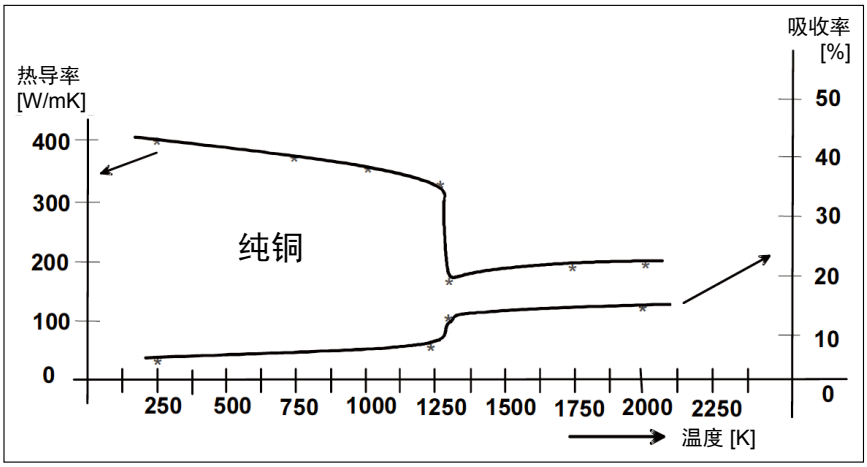


图2：不同温度下纯铜的热导率和吸收率。

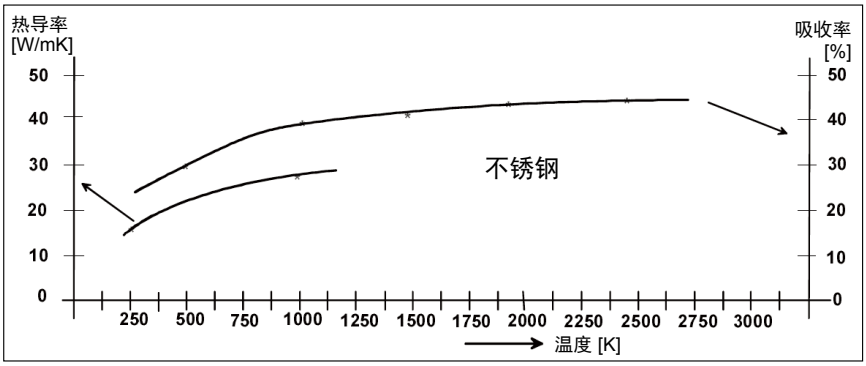


图3：不同温度下不锈钢的热导率和吸收率。

要的区别在于铜、铝等有色金属对于常规 1μm 红外激光的吸收率较低（见图 1）。[2]

从图 1 中看出，相比常规 1μm 红外激光波长，在波长越短的蓝绿波段，各种金属材料对光的吸收率都有较大提升。以纯铜为例，在 1μm 波长处的吸收率仅为 5%，在 532nm 绿光波段的吸收率约为 55%，而在 450nm 蓝光波段的吸收率高达 65%。再以金为例，在 1μm 处的吸收率仅为 1%，在 532nm 处的吸收率为 35%，而在 450nm 处的吸收率可高达 66%！

综合图 1 中铝、铜、金、银、钛、镍、不锈钢等材料对光的吸收曲线，可以看出：各材料对 450nm 蓝光的吸收率，比对 1μm 红外光的吸收，均有 2~50 倍不同程度的提升。吸收率的提升意味着更高的光热转换效率、更快的加工速度和更小的热影响区，从而保证受热组织能维持较细的晶粒度。而较细的晶粒度意味着位错密度提高带来的硬度提高、耐磨性提高等各项“细晶强化”效果。因此在材料学检测中，“晶粒度”评级一直是重要的检测手段。

进一步研究发现，随着材料温度的上升，其自身的热导率和对于 1μm 红外激光的吸收率都会变化。[3] 如图 2 示，室温下的固态纯铜，随着温度的上升，其吸收率从 5% 缓慢上升到 1250K 的 8% 左右，仅提高了 3%；同时热导率从最高的 400W/mK 缓慢降低到 330W/mK。即在固态时，纯铜保持着极低的激光吸收率和极高的导热效率，这使得激光加工过程极为困难，需要用到极高的激光束功率密度。

但是在 1250~1350K 这个极小的温度区间，纯铜对光的吸收率突然“跳跃”到了 15% 左右；与此同时，其热导率也由原来的 330W/mK 陡降到 160W/mK 左右。这意味着“光热转换”增加到了原来的一倍，而散热速度却降低了一倍，这使得在激光束功率密度相同的情况下，此区间内的热

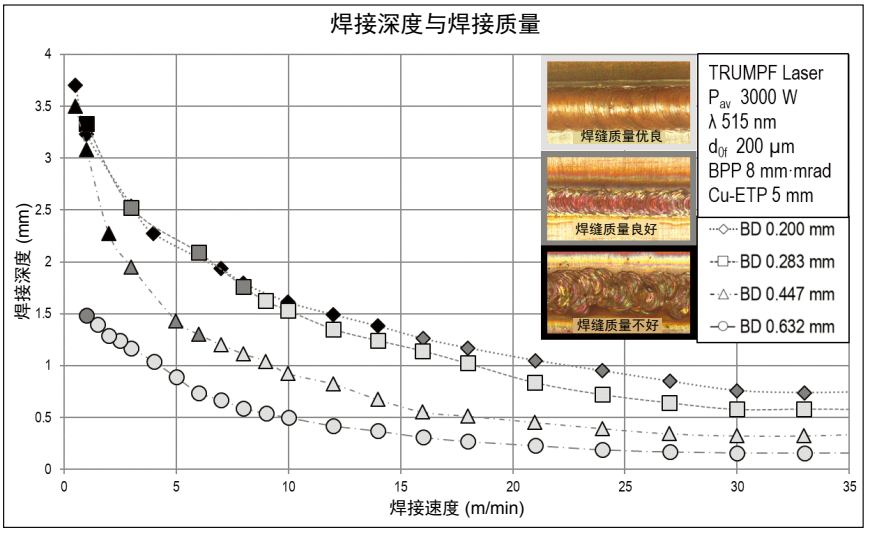


图4：SPIE研究的功率密度与焊接质量关系。

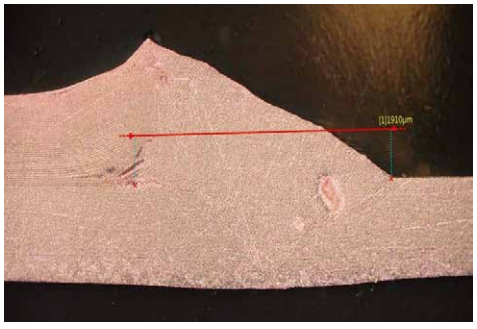


图5-1：40层8μm铜箔一步焊接到0.5mm紫铜转接片的金相。

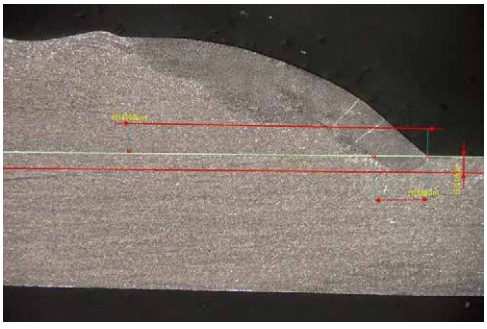


图5-2：40层8μm铝箔一步焊接到0.5mm铝转接片的金相。

为此 Coherent、IPG 及国内部分光纤激光器厂商推出了环状、匀化、点状＋环状等多种能量分布改进型光纤激光器。而德国通快及一些焊接头设备商则考虑从激光加工的摆动扫描方式上加以控制，降低飞溅程度。

积累速度飙升数倍。这是因为纯铜在1083℃（约 1356K）熔点附近产生“固 - 液”相转变，其热力学特性产生巨大变化引起的。

假设以 6kW 1μm 红外激光器作为加热源，自室温开始加热纯铜，那么 5% 的吸收率意味着 300W 的加热效果。若使用 450nm 蓝光加热，吸收率 65%，要获得同等加热效果，只需要 300W ÷ 65%≈461W。但是当材料达到“固 - 液”熔点时，吸收率的提升和热导率的下降将综合提升 20% 左右的升温效果。而这多出来的 20% 的升温效果，对于 6kW 1μm 红外激光器而言，意味着多出 1200W 升温功率，这会导致加工状态变得极不稳定，所积累的热量将使材料瞬间到达下一阶段的汽化沸点，产生铜金属蒸汽，造成沸腾与飞溅。而 450nm 处，若使用功率的 461W 蓝光激光器，多出来的 20% 的加热效果仅仅带来 461W × 20%≈92W 的升温功率，这并不足以使纯铜到达 2567℃沸点，因此整个过程只存在“固 - 液”熔融，并不产生“液 - 汽”沸腾。

这种现象仅出现在部分高反有色金属中，而常规的铁基材料在整个温度区间内，并不存在明显的“跳跃”现象。因此，在铁基材料的激光加工中，不容易因沸腾产生飞溅，也不易因金属汽化遗留孔洞。

造成飞溅和气孔的另一个重要因素是光斑的功率密度大小，SPIE 对短波长激光器的铜材焊接研究发现：当使用 515nm 短波长绿光激光器焊接铜材时，需要进一步扩束并放大聚焦光斑至 0.447~0.632mm 时，才能获得较好的无飞溅焊接效果（见图 4）。[4]

因此，如果使用高斯分布的光纤激光器做有色金属焊接时，更容易因为心部能量密度过高造成局部过热，而产生金属汽化、烧蚀，带出飞溅，残留气孔。

工业加工级蓝绿光激光器的推出

另一方面，越来越多的激光制造商投入到工业级短波长激光器的研发之中。

美国 Nuburu 公司于 2016 年成功研发出基于单管芯片封装的 450nm 高功率半导体蓝光激光器，并首次应用于铜材的焊接中，取得了良好的焊接效果。随后德国 Laserline 公司也推出了其基于半导体巴条封装的工业级蓝光激光器。德国通快公司于 2019 年推出了碟片式倍频 532nm 绿光激光

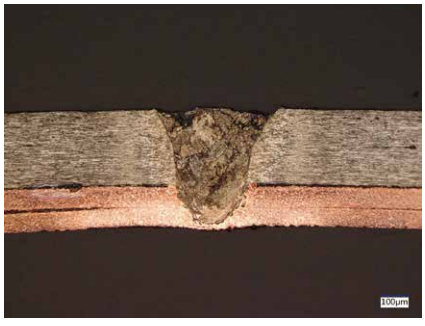


图6-1：双层80μm铜极耳与0.3mm碳钢焊接。



图6-2：铜、铝异种金属拼焊，正、反面焊缝组织。



图7：双层0.1mm厚不锈钢密封焊，正面和背面的焊后效果。

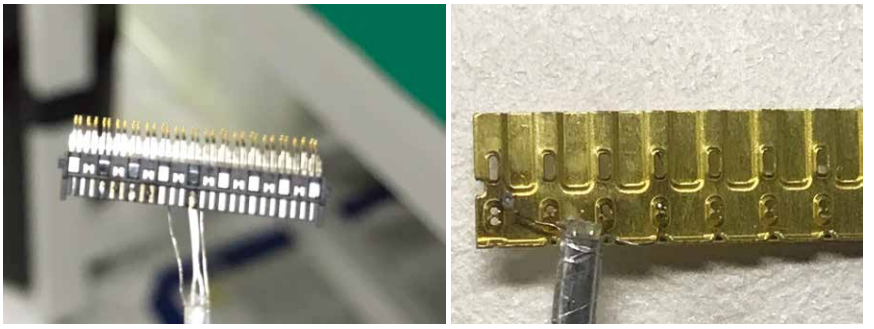


图8：某5G设备内部超高导电率线束焊接，左图为Cu-ETP与镍片焊接，右图为Cu-ETP与黄铜片焊接。

器。2020 年 Nuburu 公司再次推出首款可配套振镜使用的 1500W/105μm 芯径超高亮度蓝光激光器，将蓝光激光的应用拓展到焊接以外的切割、熔覆、增材制造、精密加工等材料加工领域。

蓝光加工案例

蓝光激光焊接适用于：电池电芯焊接、极耳与转接片正负极焊接、Busbar 汇流排焊接、模组 / 封装焊接等。从金相可以看到，通过蓝光的高吸收率和合适的功率密度优势，可以随意控制熔深且保证了无裂纹和无气孔的内部组织，热影响区也被低到最小，未见明显的变色及晶粒长大（见图 5、图 6）。可最大程度的保障电池的可靠性和电导率，降低焊后电阻增大带来的电池发热，同时通过无飞溅和无颗粒残留的效果，避免了日后颗粒刮削磨损绝缘隔膜带来的电池短路风险，是解决新能源车自燃的有效方法之一。

随着 5G 通信速率的提升，处理器功耗变大；手机电池容量提升，发热量也变大。因此新一代 5G 手机等消费类电子产品制造商已用到微型液冷装置，图 7 为使用蓝光激光完成传导密封焊的实际效果，背面不穿透、不留焊斑、气密性好。

使用蓝光激光点焊打样照片，焊接中不产生飞溅及母材损伤，链接强度极高（见图 8）。优异的焊接效果可以保障器件的绝佳电气性能，提高数据处理能力，降低处理器和电池功耗。

现在，千瓦级蓝光激光器已投入到铜合金、铝合金、钛合金等粉体的 SLM、LMD 等增材制造领域（见图 9）。采用激光 3D 打印技术制成的有色金属增材部件，不但能大幅缩减铸造模具开模所需的巨额费用和设计开发周期，而且还能避免不同金属之间吸收率差异过大导致的部分不溶解相析出、部分固溶强化元素提前汽化烧蚀造成的气孔疏松、应力释放开裂和固溶强化机制失效等问题。使得多元复合强化相同时熔融，形成极为致密、均匀的功能材料结构，避免纳米效应因粉体团聚、尺寸长大造成的特性消失。激光增材制造的零件已经运用于航天航空器材中，J31 战斗机、C919 大飞机、船舶海工的关键部位都已经有激光增材零件的正式列装。

随着以蓝光为首的高功率短波长激光器技术日趋成熟，更多有色金属的激光加工瓶颈将被打破，有色金属应用将迎来更广阔的天地。相信在智能制造的未来，将会有更多的蓝光激光技术应用到激光增材制造中。下一个激光加工时代即将来临，你准备好了么？❑

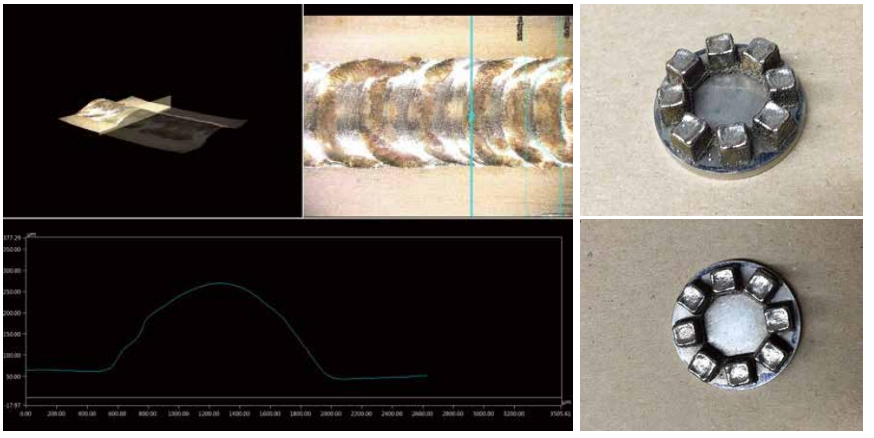


图9：使用蓝光激光3D打印的各种有色金属复合材料。

参考文献

1. 数据来源 Strategies Unlimited 激光行业分析师 .
2. 数据来源 NASA 1969 年公布数据 .
3. Antoon Blom, Par Dunias, Piet van Engen, Willem Hoving, Janneke de Karmer, “process spread reduction of laser microspot welding of thin copper parts using real-time control” Proc. SPIE 4977. Photon Processing in Microelectronics and Photonics II, (17 October 2003); dol: 10.1117/12.478612; Event: High-Power Lasers and Applications, 2003, San Jose, CA, United States.
4. Eva-Maria Dold, Elke Kaiser, Konrad Klausmann, Sebastian Pricking, Sebastian Zaske, et al. “High-performance welding of copper with green multi-kW continuous-wave disk lasers.” Proc. of SPIE Vol. 10911 109110U-4.

reci 热刺激光

专业工业激光器生产商

全新上市



·R系列·
高功率射频激光器

光束质量高
光束M^2小于1.2

使用寿命长
射频激光器质保2年，并且可反复充气使用

体积小、重量轻
同功率下体积更小，重量更轻，适合三维切割应用

功率范围 150W~720W

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

——关注我们——

准分子激光加工

Fraunhofer ILT 采用相干公司 LineBeam 155 准分子激光系统推动大尺寸石墨烯生产

LineBeam 155激光系统能在各种材料上进行大范围的精密光还原、微结构制备、烧蚀和加工任务，推动大尺寸石墨烯薄膜的生产。

文/相干公司

德国弗劳恩霍夫激光技术研究所（Fraunhofer ILT，专注于激光和光学技术研究，应用领域覆盖汽车制造、光伏、航空制造业、医疗工程等）和相干公司达成合作协议，采用相干公司的 LineBeam 155 准分子激光加工系统，推动大尺寸石墨烯生产。

Fraunhofer ILT 的微米和纳米结构团队选择采用 LineBeam 155，对特别适用于电动汽车电池 (EVB) 的单层氧化石墨烯 (GO) 薄膜进行光还原研究。

石墨烯是一种由碳原子组成、呈六角形晶格的单层纳米材料。它具备独特的综合性能：高导电性和导热性、可见波长内出色的透明度以及超乎想象的机械强度。因此，石墨烯有望用于制备高强度柔性电子元件和 OLED 显示屏的透明导电电极，并改善手机、电动汽车等系列产品中的锂电池的能量密度和充电特性。

生产适用于微米和纳米制造工艺的大尺寸石墨烯，对于推动上述技术向工业应用发展至关重要。其中一种方法是将旋涂在硅 / 二氧化硅 (Si/ SiO_2) 或玻璃晶片上的单层氧化石墨烯薄膜还原。这种工艺可以通过热还原、化学还原或光催化还原来实现，其中光催化还原的前景最被看好。光催化还原是指在超高纯度的惰性气体或真空状态中，将氧化石墨烯暴露在激光下的加工方法。

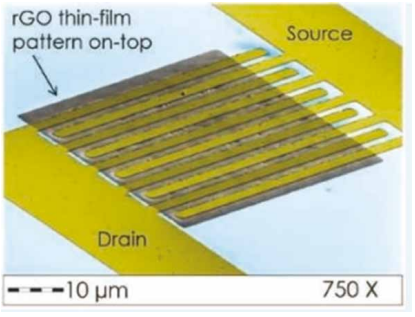


图1：还原氧化石墨烯 (rGO) 电极的显微镜图片。

脉冲氟化氪 (KrF) 准分子激光器非常适用于单层氧化石墨烯薄膜的光催化还原：首先，与那些波长较长的激光相比，该激光器所产生的深紫外 (DUV) 248nm 激光，能够让材料实现更高的吸收效率，从而产生更强的非热脱附效应，最终实现高效、无损的光还原。其次，该激光器输出的激光可以形成细长的光束，因此可以快速处理大面积材料。

基于以上原因，Fraunhofer ILT 的微米和纳米结构组选择了 LineBeam 155 激光系统。该系统由相干公司的 LEAP 150K KrF 准分子激光器（波长 248nm，输出功率最大 150W）和 LineBeam 光路系统（可实现 155mm × 0.4mm 的平顶光斑）组成。搭配的运动控制系统可实现高达每分钟 5,500cm^2 的表面处理速度。另外，输出的激光光束可以直接导入掩模烧蚀系统，实现高精度的激光制图。通过改变系统的激光功率、脉冲重复频率和扫描速度，可以在各种材料上进行大范围的精密光还原、微结构制备、烧蚀和加工任务。

ILT 微米和纳米结构团队的 Matthias Trenn 评论道：“LineBeam 激光系统是一款独特的工具，让我们可以实现极其精确的脉冲能量控制，并结合快速、大面积的加工速度，来实现高功率紫外激光系统的工业化批量生产能力。得益于此，我们有望用更快、更高效的方式生产石墨烯薄膜，这对我们的工作很有帮助。”

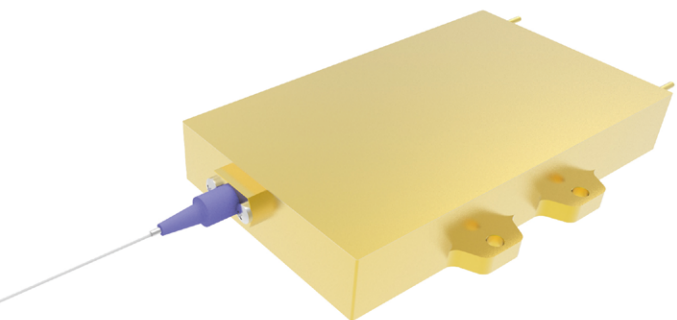
相干公司准分子产品营销经理 Ralph Delmdahl 补充道：“LineBeam 系统已经在移动设备生产中证明其实力。令我们高兴的是，该系统也能用来开发电动汽车电池，满足更高效和更大容量的要求。”❑

EVERBRIGHT
心所往 · 光所至

中国激光芯，光耀美好生活

976nm/915nm光纤耦合激光泵浦模块

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。



- 光纤芯径50um、105um、135um、200um
- 输出功率30W-500W
- 可实现±0.5nm波长锁定（可选）
- 自主高可靠性915nm/976nm芯片

- 915nm光纤耦合模块：
  增益光纤吸收谱较宽，冷却温控要求低

- 976nm光纤耦合模块：
  - 光纤激光器光光转换效率可达85%
  - 节省有源光纤，光纤激光器单瓦成本更低
  - 泵浦量子效率高，非线性效应低

应用领域：



工业用光纤激光器



飞秒脉冲光纤激光器

慕尼黑上海光博会
LASER World of PHOTONICS CHINA
world-of-photonics-china.com.cn

展位号：8.1A446
2020.7.3-5
国家会展中心(上海)
7.1H - 8.1H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

光谱学

LED 光源实现用于工业和消费领域的移动光谱仪

具有定制的近红外荧光粉的LED为透射光谱测量提供了均匀的光谱，能够实现紧凑的多用途光谱仪。

文/ Christoph Goeltner，欧司朗光电半导体

食品工业有时因使用转基因生物，标签不正确或质量控制不够严格而备受打击，这可能导致产品召回。因此，消费者有动力自己检查他们吃的食品是否真的包含包装上列出的成分。好消息是，技术的进步正在使这种情况成为可能：农业技术正在快速发展，现在已经可以通过这些技术，提供对食品和其他农产品的定性和定量组成的越来越详细的了解。

食品工业中所取得的一些巨大进步，正是通过诸如近红外光谱等技术创新得以实现；近红外光谱等技术可以识别食品中的某些化合物，例如脂肪、糖分、水和蛋白质，从而获得有关卡路里含量、新鲜度和食品质量的信息，从而帮助消费者做出更好的选择。通过分析未知物质的吸收光谱，并将此测量结果与已知分子的数据库进行匹配，可以确定某些成分的存在和数量，例如巧克力棒中可可的百分比。

定量和定性分析

红外（IR）光刺激材料中的分子使其振动。由于共振，具有一定结合能的原子化合物被具有相同能量的光子激发。根据原子键的类型，可以在IR范围内测量某些基频振动、谐波和组合振动。因此，取决于是基频振动还是谐波振动，特征性原子连接会在几个波段中出现（见图1）。在近红外波段，通常只能观察到谐波。

在食品分析方面，目标之一是确定相应成分（例如糖分、脂肪或水含量）的百分比。该方法称为定量光谱法。但是，在大多数情况下，要分析的对象并不是由纯实验室混合物组成的。因此，由于各个振荡在整个光谱中可能重叠，可能难以确定复杂和未知物质中的成分。与上述定量分析不同，这是定性分析。这里使用的数学模型要复杂得多，并且必须适应降低的目标数量，才能获得有意义的结果。

因此尚未发布方便的光谱仪，让消费者可以将其放在口袋中，以获取对所食用的每片食物的即时详细分析。但幸运的是，现在正在朝着这个目标迈出第一步。在不久的将来，移动手持式光谱仪可最终用于扫描各种

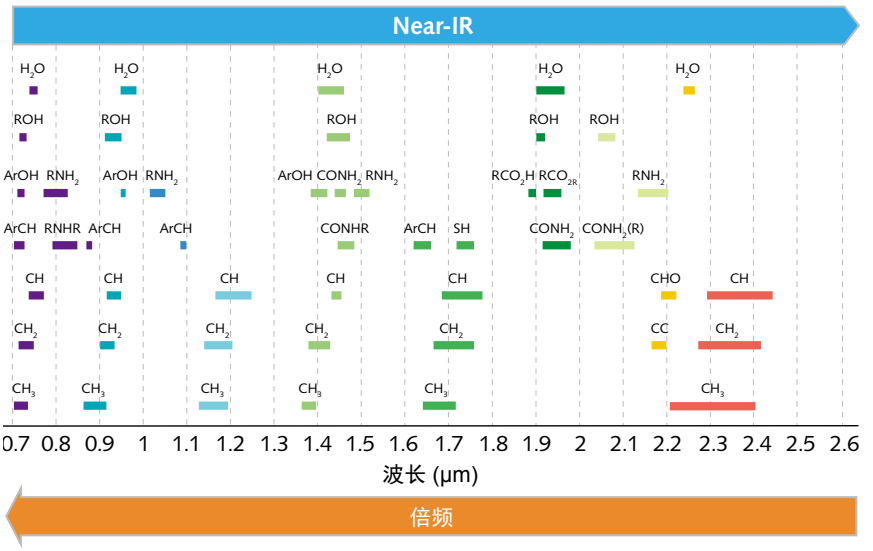


图1：各种官能团（分子）的吸收光谱。由于吸收区域重叠，因此光谱表征需要宽光谱。0.7~2.5μm的工作范围非常适合探测有机成分。在0.7~1.0μm之间的区域中，可以实现许多应用。

材料（食品、药品甚至人体）并进行实时分析。

迈向移动光谱学

光谱仪由四个主要组成部分组成：光源、探测器、光学元件和统计数学模型（所谓的化学计量学），它们从原始数据中得出有意义的信息。硅基探测器的光响应刚好超过1000nm。对于更长的波长，需要使用基于砷化镓的探测器。780~1000nm的光谱区域是一个有意义的测量范围，因为它显示了几乎所有关键物质的可测量特征曲线。

传统的光谱仪使用常规的卤素光源。然而，LED能提供更好的选择，因为它们具有高效率、高稳定性和长寿命，并且可以产生强度均匀的宽光谱。欧司朗已经开发出了两种专门用于光谱学应用的专用型近红外宽带LED光源SFH4736和SFH4776。

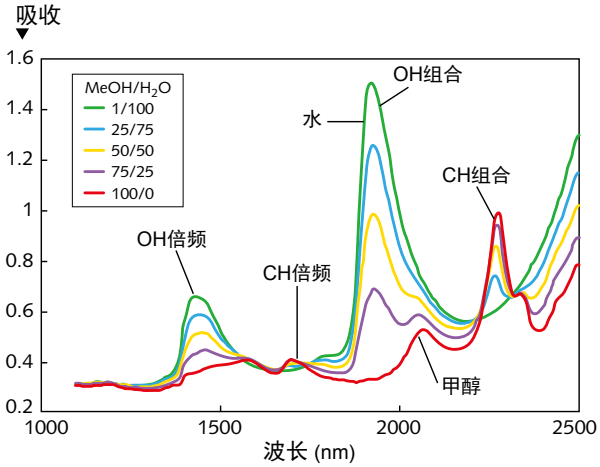
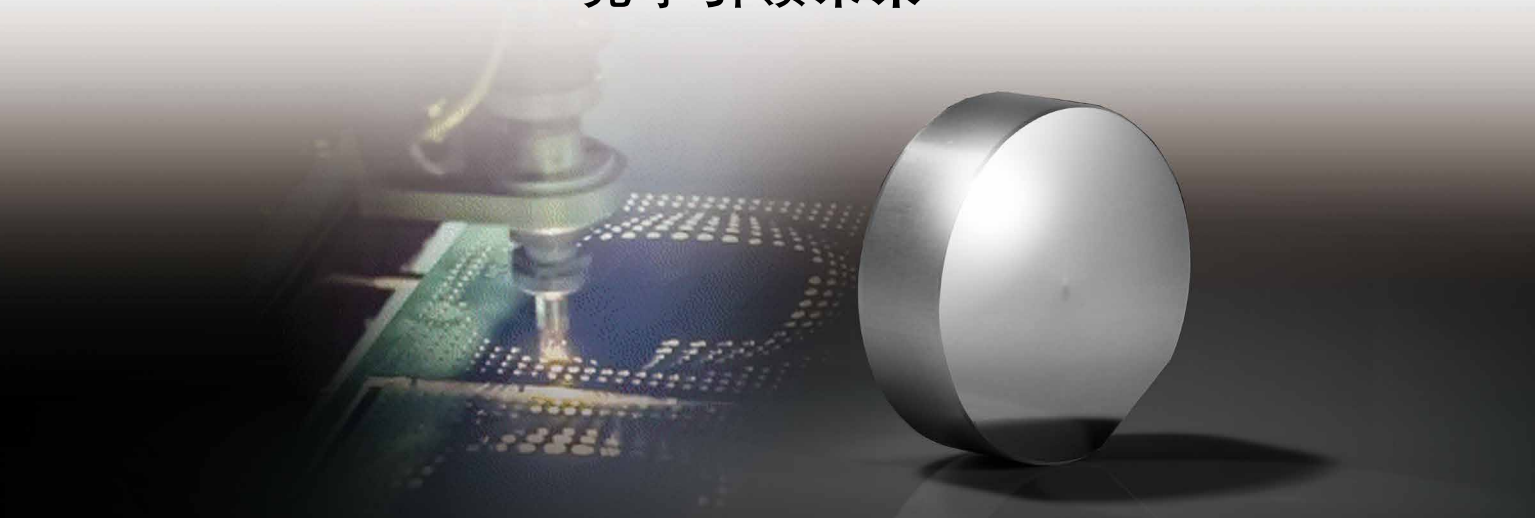


图2：水和甲醇在不同混合比下的吸收光谱。

传统的白光LED优化用于照明目的，通常显示出多个强度最大值。对于近红外应用，挑战在于创建光谱，尽可能均匀地照亮780~1000nm的目标范围。幸运的是，这可以通过特殊的荧光粉转换来实现。选择蓝光LED作为光源，它激发荧光粉（转换介质）。荧光粉的发光导致发射波长向红光和红外光谱偏移。这里的挑战是设计转换介质，以使其实现宽光谱（见图2）。

为了测量整个光谱中的材料特性，将光谱范围划分为多个通道，每个通道对应一个单独的探测器元件。最初，移动光谱仪配备了12个通道。

光学引领未来™



反射式激光光束整形
适用于功率高、脉冲持续时间短的光束整形

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

Edmund optics | china

欲了解更多信息，请点击此处:
www.edmundoptics.cn/050-8610

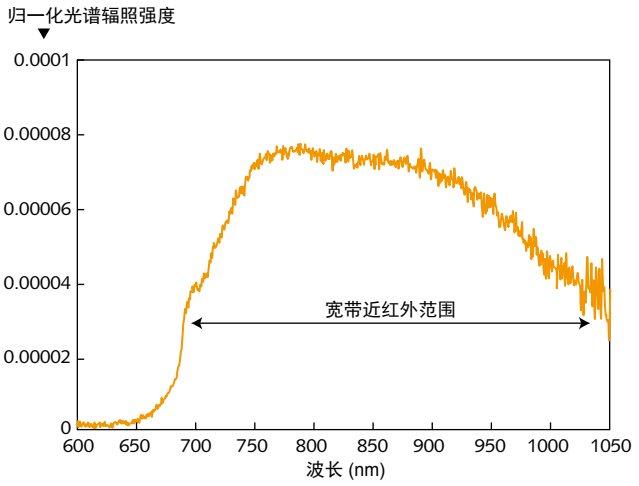


图3：欧司朗SFH4736宽带LED发射的典型光谱。最新的荧光粉技术可以实现光谱的展宽。在光谱仪中，用单个光源对探测器进行校准，以获得精确结果。

即使数量这样少，也可以进行有意义的测量。但是，由于该技术正在迅速发展，下一代产品应该提供 64 个通道的分辨率。

这种类型的首批设备应在 2020 年投入市场。随着对更好探测器的不断追求，这些更高的分辨率将带来更精确的测量。在此，主要的技术前提是开发允许相应波长的相应精细刻度的滤光器系统。探测器开发的下一步是超越基于硅的极限 1000nm，扩展到光谱的较长波长部分，可以更轻松地识别许多物质。

用光谱仪测量

光谱仪的测量方法可以分为两种：透射法和反射法。对于液体（见图 3），通常测量透射光谱；而对于固体物质，则测量反射光谱。

测量的质量最终取决于反射光谱到达探测器相应接收通道的精确程度。为了避免附加的几何效应，将散射器放置在探测器的前面，以减少光谱信息的失真。实际上，每个探测器元件都有有限的尺寸。理想情况下，所有通道都应位于完全相同的位置。

从光源的层面来讲，它应以高强度均匀照明目标物体。这可以通过集成到终端中的传统透镜系统来实现，或者像 SFH4736 一样，已经是 LED 的一部分。同样重要的是，要确保没有杂散光穿透物空间，否则可能会使结果失真。

为了从光谱仪测得的原始数据中得出有意义的信息，这些系统使用了依赖于数学和统计学分析的化学计量方法，将光谱信息与起因的化学物理关系联系起来。图 1 显示了主要吸收线如何随浓度成比例变化。挑战是从该信息中得出一种定量模型，允许人们测量光谱然后计算混合比。

由于测量的数据不准确，因此还需要统计解决方案。具有强大计算系统的人工智能（AI）领域的进步，支持了这种复杂的分析过程。应该注意的是，AI 解决方案的准确性，取决于模型的训练准确程度。确定可靠的训练数据需要大量的精力，然后只能在特定情况下使用。

收获光谱学的好处

为了改善生长过程和优化农作物产量，农民们已经使用类似移动光谱仪的产品有十多年之久了。例如，以前只能通过详尽的实验室分析来确定土壤的确切成分。现在，近红外土壤分析技术的进步允许进行实时、现场和深入的分析。

在农作物生长过程中，农民现在正在部署远程控制的近红外传感器，可以实时确定其田间的重要植物成分。例如，硝酸盐和水含量是作物健康的重要指标。当今的机器人传感器不仅使用近红外光谱学确定目标参数，而且还配备了内置肥料容器，可立即对农作物再施肥。此外，集成的 GPS 系统可以向农民展示如何更好地控制灌溉系统。

含水量是收获期间的决定性参数。大多数大宗商品，包括大多数农产品，都是按重量交易的。因此，水含量是决定产品价值的关键因素。过去，这只能在实验室中完成，因为这是一项耗时且繁琐的过程。然而，如今的近红外技术可以在生产过程中快速、准确地确定水含量，并且不会损坏产品，这一点非常重要。例如，近红外光谱仪可以直接安装在饲料收获机的进料管中。光谱仪不断监控水含量，因此无需将物体放置在磅秤上，就可以确定已填充拖车的负载重量。

食品加工涉及许多完善的步骤，例如各种物质的混合比例以及收货时确定商品的质量。通常，这些测试是由适当的内部或外部实验室随机控制的。到目前为止还无法进行全面监控。近红外光谱技术可以实现这种监控的持久性，并且还可以集成到处理流程中。

在智能手机和其他便携式设备中使用光谱传感器，将很快成为现实，为社会带来巨大好处。移动光谱学将使消费者和生产者都可以实时访问更可靠的信息，从而使农民更容易改善种植过程，并使消费者更好地了解自己的饮食。❑

VCSEL

VCSEL 实现高达 45% 的功率转换效率

VCSEL技术取得的极具前途的进展，如功率转换效率、单模光束和倒片封装等，将是促进下一代3D传感器发展的重要因素。

文/Gerald Dahlmann, Vipul Bhatt, Sanjai Parthasarathi；II–VI

在过去的几年里，先进的激光技术最初是为光通信而开发的；现在这些激光技术正应用于像消费电子这样的高产量型垂直市场。

垂直腔面发射激光器（VCSEL）起源于 20 世纪 70 年代中叶，由 Iga 教授首次设计了器件的结构。随后在 20 世纪 80 年代末，Jack Jewell 以及他在贝尔实验室的团队，在单个晶圆上制造了 100 万个 VCSEL 芯片。[1]

从那时起，VCSEL 开始应用到各种重要领域，如用于红外成像、热固化、光学编码器、原子钟、氧气传感器、光学触摸板、计算机鼠标、打印机和汽车中的驾驶员监控系统等。此外，在光通信系统以及刚兴起的 3D 传感领域，VCSEL 也得到了广泛应用。

在 VCSEL 的众多新型应用中，3D 传感毫无疑问是一例对行业产生巨大影响的成功的商业应用案例。随着面部识别技术在智能手机中的应用，3D 传感和 VCSEL 已经成为人们日常生活的一部分。过去五年来，在消费电子领域，知名品牌商将 3D 相机集成到智能手机、平板电脑等产品中，这也促进了 VCSEL 技术的进步。

3D传感

3D 传感应用主要使用了两种不同的技术：三角测量法和飞行时间法（ToF）。三角测量法，是将结构光的图案投射到被测物体上，根据不同角度检测到的图案的形变来 3D 重建被测物体。飞行时间法，则利用发射与反射回来的光信号之间的时间延迟，来 3D 重建被测物体。

三角测量法和飞行时间法这两种技术对 VCSEL 的要求差不多。一般用于数据通信的波长为 850nm 的红光，而 3D 传感则更倾向于使用波长更长的 940nm 的光。从探测器的角度来说，在有阳光的背景下，940nm 的工作波长可以使 CMOS 图像传感器的量子效率与信噪比达到最佳的平衡效果。3D 传感中使用的三角测量法和飞行时间法，都得益于 VCSEL 的窄光谱和低波长温度漂移等特点。这两种技术都还要求 VCSEL 具有高效的功率转换效率，以最大程度地降低功耗和热效应。

但是，基于三角测量法和基于飞行时间法的 VCSEL 阵列测距系统之间存在重要差异。对于三角测量法，由于被测信号在空间域内，从而要求 VCSEL 阵列具备很高的一致性，并对每个阵列中单独的 VCSEL 发射器用严格的光束参数控制。而对于飞行时间法，测量是在时间域中进行的，则需要在时域上快速切换并控制 VCSEL 阵列输出的光信号，以产生上升沿和下降沿都很短的激光脉冲。

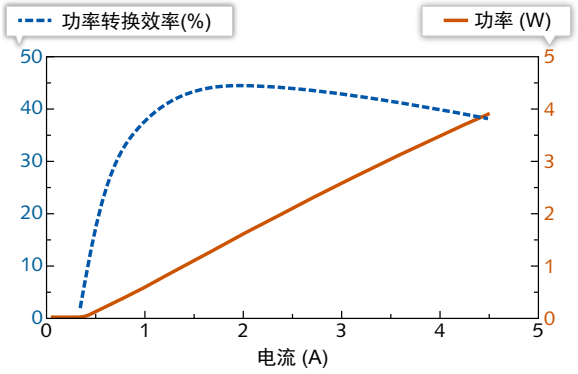


图1：940nm VCSEL阵列的典型光电流-电压（LIV）曲线，显示出45%的功率转换效率。

对 3D 传感更高性能的需求，将对三角测量和飞行时间测距技术提出不同要求。功率转换效率、单模光束和倒片封装设计这些促进 VCSEL 发展的技术，可能是促进下一代 3D 传感器发展的重要因素。

功率转换效率

对于应用在电池供电的移动设备中的 VCSEL 阵列，功率转换效率是关键指标，散热也是一个巨大的挑战。下一代 3D 传感器将具有更高的像素

数和更长的工作范围，因此也将消耗更多的能量。最近，II-VI 公司已将 VCSEL 在 50℃的工作温度下的功率转换效率提高到了 45%（见图 1）。进一步将转换效率提升到大于 50%的研究工作正在进行中。

单模 VCSEL 因其能够实现高速的打开和关闭，为基于飞行时间法的 3D 传感技术提供了独特的优势。此外，单模 VCSEL 发射的单模激光束具有高斯分布和低发散性，因而可以实现更高效和更低成本的模块组装。对于结构光系统而言，较低的发散性使光点尺寸更小，从而能进一步提升空间分辨率。II-VI 公司正在推动单模 VCSEL 的开发，以实现与多模 VCSEL 相当的功率输出。

VCSEL 的倒片封装技术消除了来自键合线的寄生电感，从而显著提高了 VCSEL 的运行速度，并缩短了器件的组装时间。

光通信

在光通信中，VCSEL 的输出波长为 850nm，能够提升数据中心和高性能计算机中的收发器和有源光缆的传输速度。这些 VCSEL 的运行速度高达 56Gbit/s（50G），从而能够支持规格为 200G-SR4、400G-SR4.2 和 400G-SR8 的数据通信收发器。

VCSEL 用于数据通信领域，具有许多显著的优势。其输出光束为圆形，发散角小，使其能有效地耦合到多模光纤中。VCSEL 的垂直腔结构使激光垂直于器件发射，从而可以对每个激光器的光学性能进行晶圆级测试，并且大大提高了组装器件和模块的产量。与边缘发射激光器相比，VCSEL 的尺寸更小，可以实现更快的直接调制速度。VCSEL 的低功耗、高密度和低成本等特性，使基于 VCSEL 的收发器仍然是链路距离在 300m 以内的数据中心的首选，尽管诸如硅光子学等替代技术的投资仍在进行。

关于 VCSEL 是否可以实现传输速度为 100Gbit/s 的下一代光通信，其答案是肯定的。2019 年 11 月，IEEE 802.3 工作组一致支持成立研究小组，主要针对数据中心应用，实现 100G 短距离光互连的目标。[2] 使用 PAM4 调制，可将 VCSEL 的性能从目前的 50Gbit/s 提高到每通道 100Gbit/s（见图 2）。

基于 VCSEL 的光收发器，当与多个光纤对或每个光纤对的多个波长结合使用时，在可预见的将来，能够满足数据中心日益增长的带宽需求。

VCSEL的批量生产

相比于边缘发射器只用于短距离数据通信收发器，VCSEL 可直接应用于消费电子产品。此外，VCSEL 可通过组成二维阵列来缩放输出功率，从而带来更大的芯片尺寸。在面部识别应用中，使得基于 VCSEL 的 3D 传感系统的体积和芯片尺寸变得更大，这就推动了 II-VI 公司砷化镓（GaAs）技术平台从 100mm 的晶圆直径扩大到 150mm。

与此同时，基于 VCSEL 的晶圆级测试已经取得了进步，并显著改善了 VCSEL 生产的均匀性和质量。此外，还专门开发了测量技术，确保在终端应用中 VCSEL 组件对人眼的安全性。

在现代化生产线中，VCSEL 在线质量控制并没有以晶圆探针测试而结束。将晶圆切成小块后，需对芯片的正面和背面进行光学检查，以符合



图2：当来自跨阻放大器的输出电压上升到某一特定电平以上时，触发电路发出一个停止定时器的脉冲。

工艺要求。每组晶圆需通过严格的环境压力测试，以确保即使在严酷的最终用户环境中，VCSEL 仍将保持较高的可靠性。

得益于 3D 传感的应用，自 2017 年以来，II-VI 公司 VCSEL 的出货量一直保持 70%的年增长率。这种快速增长是通过五家现代化工厂（四家在美国，一家在欧洲）建立垂直一体化的内部生产基地来满足的。

结论

在过去的五年里，VCSEL 在移动电话和数据中心光链路中的大量应用，加快了其创新周期，并促进了 VCSEL 技术的巨大进步。每一代 VCSEL 的设计都比上一代更快、更高效、更可靠。在创新上的大量投资，使 GaAs 技术平台扩大到了 150mm，这是目前已知的最高水平。

随着数据中心、云计算和 5G 无线连接对带宽的需求不断增长，以及增强现实等新兴应用对 3D 传感的采用，这些都将导致对 VCSEL 的需求在未来五年内进一步增长，并将带来更多的创新。❑

参考文献

1. J. L. Jewell et al., Appl. Phys. Lett., 51, 2, 94–96(1987).
2. See http://bit.ly/IIVIRef3.

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

慕尼黑上海光博会
LASER World of PHOTONICS CHINA

展位号: *7.1Hall B449*

2020.7.3-5

国家会展中心(上海)

扫描二维码
了解更多信息
+86-591-83710533

未来光子学

光学器件将在 5G 网络中不可或缺

关于5G的话题集中在无线和无线电技术上，但是在服务用户的新一代基站之间的信号传输方面，光子学和光纤光学发挥着至关重要的支持作用。

文/Jeff Hecht

虽然首批 5G 手机产品已经于 2019 年亮相，但是 5G 技术的全面推广仍然有多年的路要走。当前的计划包括为仍处于早期阶段的其他技术提供连接，特别是物联网（IoT）和自动驾驶汽车。与其说 5G 是一项完全定义的标准，不如说 5G 是一项正在进行的工作。它包括毫秒级延迟和 99.9999%的可靠性等目标，目前看来，这些目标比可实现的更令人向往。

尽管如此，5G 正在塑造通信的未来。5G 的大多数描述都以无线和移动为主。然而，光学技术仍将是网络的数据传输中坚，嵌入到海底和地面的光缆、数据中心，以及通向无线发射机和建筑物的传输线中，都少不了光学器件。5G 甚至可以将光纤光学一路推向欧洲和北美的家庭，在欧洲和北美，只有 15%的家庭通过光纤接入网络（尽管大约有 40%的家庭覆盖光纤），远远低于韩国 80%和新加坡 90%的订购率。

5G的目标

5G 的三大主要目标为：

（1）增强型移动宽带（EMBB）

提供 10Gbit/s 或更高的峰值数据速率。通常会与新兴技术（例如增强现实或虚拟现实，或“超高密度”视频）一起提到这一点，但这实际上是关于给客户提供满足其所有信息需求的所有带宽。它涵盖了从老式音频电话和文本消息，到远程办公连接和游戏机，具有高动态范围的墙面尺寸的视频屏幕，以及高清、高性能个人视频和音频的所有内容。可以将其视为功能加强的互联网，也许它被贴上的是“移动”的标签，但实际上它也提供固定宽带。

（2）高可靠低时延通信（URLLC）

提供具有 99.9999%的可靠性和延迟在毫秒范围内的服务。追踪和控制自动驾驶汽车，以及它们附近的所有其他东西，包括其他车辆、自行车、行人、建筑工地甚至树木，都需要高度可靠且时延极短的通信。可靠性和快速响应对于家用医疗设备等其他设备也至关重要。

（3）大规模机器通信（mMTC）

在物联网之间传输数据，物联

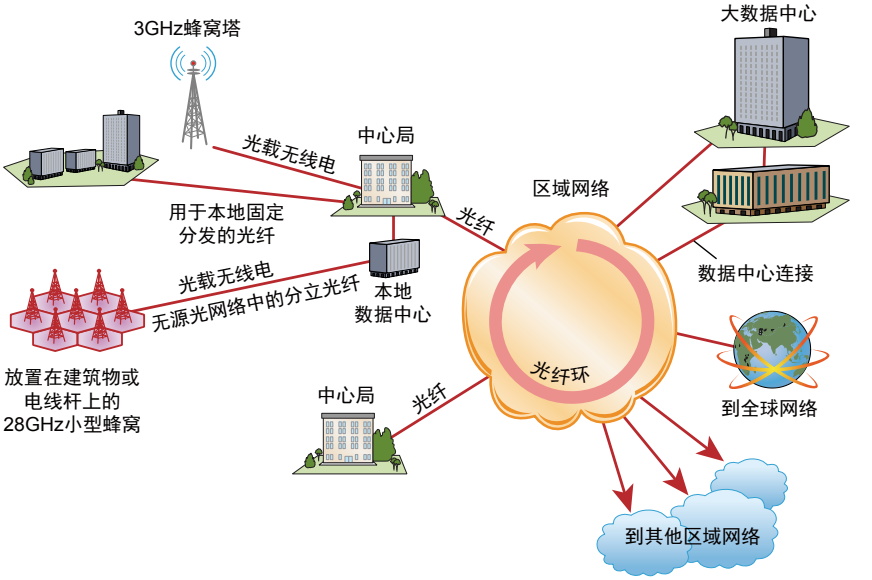


图1：5G网络的简化图。工作在28GHz频段的小型蜂窝，将以千兆速率向本地目的地提供宽带服务。大型蜂窝将在6GHz以下的频段为更大的区域提供服务。天线将接收无线信号，并通过线缆或固定的无线链路将信号发送到中心局，以进行进一步处理和路由。要求低时延的服务将转到本地数据中心；其他将由大型远程数据中心处理。

网是一个庞大且种类繁多的设备系列，预计将扩散到每平方千米数十万个的密度。许多家庭已经连接了恒温器、监控摄像头和医疗设备，但规划人员设想了更多事物，它们无需人工干预就可以不断地彼此通信。所有这些都会在未来出现。移动电话公司于2019年开始销售5G手机，但他们仍将需要几年的时间来安装足够的基站，以提供显著更好的带宽。诸如全自动驾驶汽车和虚拟现实之类的潜在应用的实际部署，也已经落后于早期计划。但是，即使那些应用程序从未顺利起步，也需要更多容量来跟上现有趋势，例如流视频和更高的屏幕分辨率。

移动宽带频谱

5G将通过新技术和扩展专用于移动通信的无线电频谱部分来扩展其带宽。频谱的不同部分，用于满足不同的需求。

1GHz以下的频段曾经被广播电视和早期的移动电话占用，提供了广域覆盖范围，但带宽有限，可以支持物联网较慢的数据速率。

用于卫星链接、移动电话、Wi-Fi和其他目的的1~6GHz频段提供了更大的带宽，但是它们的覆盖范围随着频率的增加而减小，因此2.5GHz Wi-Fi的覆盖范围比5GHz大。

新带宽的最大来源在6GHz以上，美国使用的是27.5~28.35GHz、37~40GHz和64~71GHz。这些较高的频段具有更大的带宽，但它们的通信范围更短，因此基站必须靠近用户。游戏和高分辨率视频有望成为5G的主要用途。

当今的蜂窝网络通常拥有覆盖2~50km的蜂窝，其中最大的处在乡村地区。在市区使用0.4~4km的微蜂窝来服务更高的人口密度。在28GHz频段中，传输损耗要高得多，因此5G将使用覆盖数十米的微蜂窝和更小的皮蜂窝，以及尺寸相同但功率更低的飞蜂窝。这将把天线带到许多地区的房屋中。

所有这些蜂窝都需要回程连接，通常通过连接来自许多蜂窝塔的信号的中心局来实现。截至2015年，蜂窝回程连接中，大约90%通过铜缆、6%通过固定无线微波、4%通过光纤来实现。随着5G对更大带宽的需求使得铜缆不能胜任，因此混合连接方式正在不断发展。

图1显示了新兴网络的简化版本。28GHz频带中的小型蜂窝，将在短距离内分配宽带信号；大型蜂窝将在6GHz以下的频段服务较大区域。到达天线或基站的无线信号，将通过光纤或其他链路，以无线电格式或数字方式传输到中心局。中心局的设备将解码无线电信号并处理其他信号。那些需要低时延的服务将被路由到本地数据中心；其他的将被路由到远程数据中心或网络核心的其他目的地。光纤将传输大量数据，但是它将与固定的无线微波和自由空间激光链路相竞争。如下文所述，这些系统正在开发中，具体选择取决于成本/性能优势。

用“可插拔”光学器件升级网络

尽管5G硬件将无法直接进入网络核心，但它将带来大量的数据流量，这将需要大幅扩展传输容量。思科公司光学系统和光学集团高级副总裁/总经理Bill Gartner说，光纤传输系统的增长将在数据中心和外部光纤网络之间进行划分。数据中心内部光纤充足，传输距离短：不超过10km，而且通常更短。“每个路由器或交换机端口都有自己的专用光纤；如果添加了新的交换机或路由器，则会添加额外的光纤以连接新端口。”Gartner说。这将需要增加端口密度，以及大规模部署新的高速光学器件。

Gartner表示，硅集成电路的进步已稳步降低了电子产品的每位(per bit)成本，但是光学器件的每位成本却没有迅速下降。因此，随着比特率的增加，光学器件的成本将在硬件成本中占据较大的比例。在10Gbit/s的数据中心网络中，光学器件的成本占硬件成本的10%，但Gartner说按照目前的情况预测，当数据速率达到400Gbit时，光学器件的成本将占到硬件成本的一半以上。

思科控制光学器件成本的方法是推动“可插拔”光学器件的开发。“可插拔”光学器件是封装了光学器件和电子器件的标准化模块，可以在光学



图2：思科可插拔模块将信号从电子形式转换为光学形式，一端接收电输入，并提供光学输出。图中显示了带盖和不带盖的模块。

和电子形式之间转换信号（见图 2）。模块的一端是电子模块，插入到路由器上的电接口，而另一端是连接到输出光纤的光学接头。模块产生的光信号的格式，可以针对特定距离（例如 500m 或 2km）优化性能。数据中心的传输距离限制在 10km 左右，因此可插拔模块使用直接探测 1 和 0 而不是相干传输来控制成本。

在数据中心外部的远程传输网络中，光纤稀缺，数据速率非常高，中继器间距超过 80km。在这些系统中，首选的信号格式结合了密集波分复用（DWDM）和相干传输，以增加已安装线缆的容量。Gartner 说，可插拔的相干光学器件不会增加路由器或交换机上的连接，并允许运营商自动执行网络操作。

光载无线电

在从网络核心到天线的途中，必须将数字数据转换成无线电信号以进行无线传输。这可以通过在基站上安装无线电发生设备来完成，该设备可以将数据的输出信号转换为无线电信号，并将天线接收的模拟信号转换为数据。但是，这需要将设备安装在无线电发射器上，这可能很昂贵并且会增加维护成本。

另一种选择是“光载无线电”，将数据在中心局或其他区域性设施中转换为无线电信号，并将无线电信号转换为可通过光纤，以光学方式传输到基站的形式。集中化软件定义网络（SDN）可以创建一个云化无线接入网，以在中心局和传输站之间往返传输信号。

实际上，当天线接收需要敏感设备处理的多个无线电信号时，“光载无线电”的最大优势就体现出来了。无线电信号可以以接收频率进行发送，或转换为较低的，更易于发送的中频，并且可以在中心局做进一步处理。

光纤应该走多远?

尚未解决的一个大问题是：将信号传送到最近的无线宽带发射天线的最佳方法。为了在 28GHz 频段内可靠地传送信号，天线可能需要在 100m 以内，而且混凝土墙或砖墙都可能会阻挡这种高频信号。

将信号以光纤的形式带入房屋（家庭或公寓居住场所）会更好吗？比利时咨询公司 Comsof 的首席执行官 Raf Meersman 认为，最好的方法是将建设 5G 光纤回程网与光纤到户（FTTH）相结合。在 2019 年于荷兰举办的 FTTH 会议上，Meersman 表示，因为所需的高频天线的密度，5G 和 FTTH 具有协同作用。他说：“通过推出优化的、面向未来的融合光纤网络，可以将 5G [回程] 的光纤成本降低 65% ~96%。”

Meersman 的论据基于城市、郊区和农村地区的模型，其中包括无线蜂窝的各种密度级别。他发现，通过构建单个可同时提供 FTTH 和 5G 28GHz 宽带无线服务的网络，可以大幅削减总成本。他声称：“立即使 FTTH 网络为 5G(甚至是高密度蜂窝）准备就绪，仅仅需要 1% ~7%的额外投资。”

这是一个有趣的论点，因为尽管只有大约 15%的美国家庭订阅了光纤宽带，但光纤却覆盖了大约 40%的美国家庭。如果运营商可以将 5G 天线通过光纤连接到现有 FTTH 网络上，则可以节省大量安装成本。反之，如果运营商不得不在住宅附近安装光纤以连接 5G 天线，则可以通过增加 FTTH 连接来抵消部分无线设备安装成本。

但是，固定无线链路和自由空间光学器件提供了至少在某些领域可以降低安装成本的替代方案。固定无线已被用于前几代无线基站，自由空间光学器件也已经找到了一些应用。但是，两者都需要视线运行（line-of-sight operation），并且会因天气而衰减。

无线电和光学频带中的固定无线传输已经使用了很长时间，并且提供了一种避免传输的高昂建设成本的方法，但是由于性能差、许可要求以及成本高而受到严重限制。5G 已经在无线电频带中开辟了新的可能性，包括提供更多集中波束和高频传输的多入多出（MIMO）传输，尽管后者受距离限制。印度理工学院的 Suman Malik 和 Prasant Kumar Sahuat 在最近的分析中发现，自由空间光学器件传输也容易受到群速度色散和长距离啁啾的影响。他们建议将无线电和光学自由空间连接结合在一起，能提高可靠性，但会增加成本。尽管无线连接可以降低成本，但它们也面临着严重的性能挑战。

一种使用自由空间激光通信的替代技术，是将小型卫星群放入低地球轨道（例如 SpaceX 的 Starlink）。在这种方案中，地面站将信号传输到卫星，然后卫星将通过卫星间激光链路将信号中继到世界各地，直至可以下传到目的地。其目标是将宽带互联网带到地面和海底光缆服务不佳的地区。

低时延和其他挑战

对毫秒延迟的追求是另一项重大挑战，因为对于从自动驾驶汽车到家庭医疗监控系统的应用来说，这是一个非常严肃的目标。光在玻璃中的传

下转第40页

VisionCon 2020
视觉系统设计技术会议

看风云变幻，“视”发展机遇
——VisionCon 2020，带你洞悉动荡环境中的转型升级之路

对于中国制造业而言，2019 年是艰难的一年。中美贸易摩擦的持续发酵，整个市场大环境的动荡不安，让很多制造企业遭遇困境，对于接下来该如何发展举棋不定，保持观望。与此同时，中国乃至全球制造业向更先进、更智能的方向发展的滚滚大潮，已经势不可挡。

在“ 大环境不景气、而制造企业要生存发展又必须投资更先进高效的生产技术 ”的艰难处境中，该从何处着手转型升级，是困扰众多制造厂商的一大难题。在高度自动化的智慧型工厂建造中，机器视觉已经是不可或缺的核心技术之一，它检测、识别、定位等这些生产过程中最为常见的应用中，发挥着关键作用。

为了让更多的制造企业更好地了解机器视觉技术在打造现代化智慧工厂中所发挥的作用，由雅时国际商讯（ACT International）和《视觉系统设计》（Vision Systems Design China）联合主办的 VisionCon 2020 视觉系统设计系列会议，将于 2020 年走进深圳、苏州、成都、上海。

届时，我们将邀请机器视觉行业产业链上各个环节的关键厂商，与企业用户共同探讨最新、最实用的机器视觉技术、产品及应用方案，希望为制造企业在智慧工厂的部署上提供有价值的参考！

8月5日·深圳 标准会议

8月19日·苏州 超级会议

10月22日·成都 标准会议

12月4日·上海 标准会议

研讨话题（部分）

- 视觉检测为汽车零部件生产及装配保驾护航
- 深度学习在半导体及电子制造与检测中的应用
- 红外热成像在工业制造及检测领域的应用
- 先进的镜头技术助力出色的成像性能
- 机器视觉技术打造智慧型仓储与物流
- 视觉检测在食品饮料及制药领域的应用
- 3D成像助力全方位检测与测量
- 机器视觉中的光源部署技巧
- 偏振成像与外观及表面缺陷检测

2019年合作企业（部分）

Allied Vision · CR灿锐 · Baumer · 高德智感 · Kvision · 中翰仪器 · wordop · Microvision 维视智造 · XTU · SONY · BASLER · TELEDYNE IMAGING · TELEDYNE DALSA · TELEDYNE e2v · 凯视佳 · CHROMA · CST · LMI TECHNOLOGIES · ADLINK · computar · SENSOPART · Edmund optics · 盛相科技 · BXYZ · 锡明集团 · santec · MORAN 默然 · CHIOPT · NEOUSYS · KEYENCE 基恩士 · 华睿科技 · Nortech · K-WEII · DZO 东正光学 · VS TECHNOLOGY · ASTRI



会议咨询

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

Sophie Peng 彭 珊
Tel：86-137 6183 1915
E-mail：SophieP@actintl.com.hk

Lainy Gao 高秀芹
Tel：86-188 5599 9175
E-mail：LainyG@actintl.com.hk



主办单位 ACT　大会媒体 视觉系统设计 Vision Systems Design China　扫码预报名

F-θ透镜

F-θ透镜使激光扫描保持良好的线性度

F-θ透镜能够使激光光斑的位置与扫描角度成线性比例，因此可用于许多激光扫描应用中。

文/John Wallace，高级编辑

在激光扫描系统中，激光束被聚焦，然后聚焦后的光斑沿着一条线扫描（或在平面中的任何位置使用两个扫描镜）；利用这样的扫描系统，可以实现金属图像雕刻，或是完成其他激光切割或钻孔等加工任务。激光扫描镜（如检流计或多边形扫描仪）通常会产生角度 θ 随时间线性变化的光束。然而，当这样的光束通过普通的聚焦透镜发送时，结果是光斑在像平面上的位置随时间非线性地变化，从而导致每单位面积接收到的激光能量的变化。

“F-θ”透镜就是为了专门解决这个问题而设计的，它能使像场中光斑的位置与透镜的输入扫描角 θ 成线性比例，这意味着输入侧扫描镜的角度，与输出侧的光斑位置直接成正比。对于任何用于材料加工或其他应用的扫描光学系统，这一点都非常重要。F-θ透镜还具有平坦的视场以适用于整个扫描区域。

下面介绍几种市场上常见的 f-θ 透镜和扫描系统。

远心还是非远心?

远心F-θ透镜具有一项附加特性：镜头像方的所有主光线均平行于光轴。结果，（例如）如果要雕刻的金属板偏离透镜的焦平面，则聚焦点的位置不会横向偏移。因为远心透镜比非远心透镜更大、更重且更昂贵，所以仅在需要时才使用（当已知工件或激光 / 光学元件可以移动足够远，以将激光光斑位置移出）。

德国 Sill Optics 公司生产用于紫外（UV）、可见和红外（IR）激光（标准和超快）的扫描透镜，既能提供带垂直光束入射的远心扫描透镜，也能提供具有高扫描视场的非远心透镜。用户还可以选择熔融石英透镜和光学玻璃透镜，后者通常是经济高效的选择。对于高功率激光器，必须使用熔融石英透镜。熔融石英的低热膨胀系数和低折射率温度系数，产生最小的热焦点偏移。

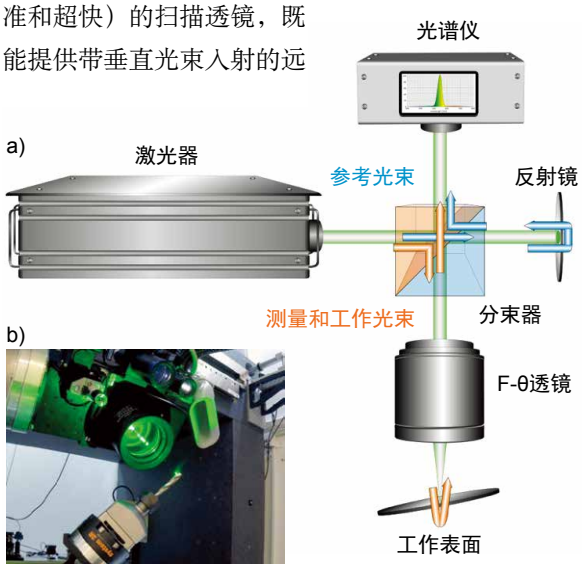


图1：自适应激光微加工过程的运行方式，类似于光学相干层析成像（OCT）测量（a）。在微加工装置中可以看到F-θ透镜（b）。对于硬质合金钻头，与非自适应激光加工相比，使用自适应微钻孔可使深度精度提高大约五倍（c）。

对于多色透镜片的设计，必须使用不同的光学玻璃来校正横向偏移和色差偏移。这些扫描透镜的应用包括加工过程中的在线监测，以及使用超短脉冲激光器的任何加工。飞秒激光器由于其短脉冲，因此具有比标准激光器更宽的波谱。应当注意的是，一个飞秒脉冲的功率可能足够高，足以摧毁采用低成本玻璃或内部背反射的透镜。[1]

Sill Optics 公司的S4LFT7012/292是一款适用于超短脉冲激光器的多色透镜，该透镜是在名为 ADALAM 的 European Horizon 2020 研究项目中开

发的。开发这款透镜的目标是：创建一种基于传感器的自适应激光微加工工艺，该工艺具有在线形貌测量功能，该测量由光谱仪、反射镜、分束器和集成在系统中的扫描透镜共同实现。

入射光束分为工作光束和参考光束，工作光束穿过扫描透镜并聚焦在工作表面上。反射光束用于在光谱仪上进行形貌测量；反射镜也将参考光束反射到光谱仪。光束之间的波长差可提供光程长信息，从而可提供工作表面的高度轮廓信息（见图 1）。这类似于光学相干层析成像（OCT）测量。

此应用使用波长范围 540~590nm 的超短脉冲激光器。用于该应用的扫描透镜必须要经过颜色校正，同时又要支持超短脉冲。通过最佳的透镜设计，可将横向颜色偏移（此处为 5μm）和色焦移（此处为 30μm）降至最小。

使用超短脉冲激光进行标准微加工，是一种精确且可复现的工艺，但是深度达数百微米的凹坑会显示出明显的误差。在 ADALAM 项目中开发和测试的自适应激光工艺，正是应对此类挑战的解决方案。为了了解其性能，制造了硬质合金钻头上的断屑槽结构。与非自适应激光加工相比，使用自适应微钻孔可使深度精度提高大约五倍。[2]S4LFT7012/292 现在是 Sill Optics 公司的标准产品。

波长范围广

F-θ 透镜适用于跨越整个光谱的波长。II-VI 公司微加工激光光学产品线经理 Je Sun Oh 介绍说，II-VI 公司生产的 F-θ 透镜产品，所覆盖的波长范围从紫外到远红外（266nm~14μm），适用于各种工业激光器（见图 2）。她说：“II-VI 的 f-θ 透镜可实现多种材料的加工，包括金属、塑料、碳纤维和玻璃的焊接、切割、打标、刻划或雕刻。另外也可用于激光表面处理和增材制造。”



图2：II-VI公司制造的F-θ透镜适用于266nm~14μm之间的不同波长。

Oh 介绍说，II-VI 公司将硒化锌多光谱光学元件与熔融石英光学元件相结合，以实现在 1μm 波长下工作的小而轻的扫描透镜，从而可以用光纤激光器更快地切割 OLED 薄膜。该公司还开发了一种外壳设计，可密封扫描透镜，并在 5μm 波长处达到非常高的透射率，从而能够使用工作波长约 5μm 的一氧化碳（CO）激光器，对玻璃面板进行弯曲切割和精细微钻孔。

微加工和宏观加工

工业应用需要经过工业加强、并且能够快速换出的组件。“业纳公司的 F-θ 透镜可以满足几乎所有用于微观和宏观激光材料加工的标准方法的要求，”业纳光学系统公司半导体和高级制造全球产品管理总监 Maria Oliva 博士说，“我们的产品包括适用于几乎所有常见波长和几何形状的 f-θ 扫描透镜（见图 3）。”Oliva 指出，即使在高激光功率下，业纳的透镜也不需要额外的冷却。

Oliva 说，无胶安装技术还有助于高性能光学元件的长期稳定性，并提供投资安全性。每个单独的镜片都会检查洁净度、性能和透光率。对于需要更换透镜的应用，可以在不对激光系统进行重大调整的情况下更换业纳（相同类型）的透镜。业纳还为每个 F-θ 透镜提供可单独更换的保护玻璃。

该公司的新型远心 F-θ 透镜用于 355nm 波长，可用于各种高精度激光应用。短的透镜焦点可在 22mm 的扫描范围内，实现小光斑直径。根据应用的不同，最大光斑尺寸可能为 4.51μm。业纳开发了用于精密调节的高精度安装技术。Oliva 解释说：“它针对微技术、电子和显示市场中的微加工应用进行了优化，特别是非常小的远心角，可实现前所未有的精度和应用质量。由于其非常小的光斑尺寸和高远心度，该透镜非常适合高精度钻孔应用，尤其是在印刷电路板上打通孔。较大的扫描视场，可以进一步增加吞吐量。”

采用F-θ透镜的系统

德国 Scanlab 公司自己并不制造扫描透镜，而是将来自不同制造商的扫描透镜（包括 F-θ 透镜）集成到 Scanlab 生产的完整激光系统中。

“好的 F-θ 物镜的关键质量指标是低场曲、大像场、与高功率激光器

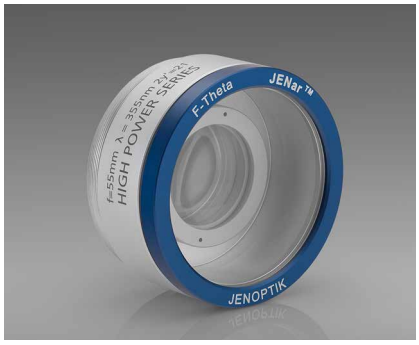


图3：业纳的高功率Silverline熔融石英F-θ透镜，特别适用于高功率和短脉冲应用。

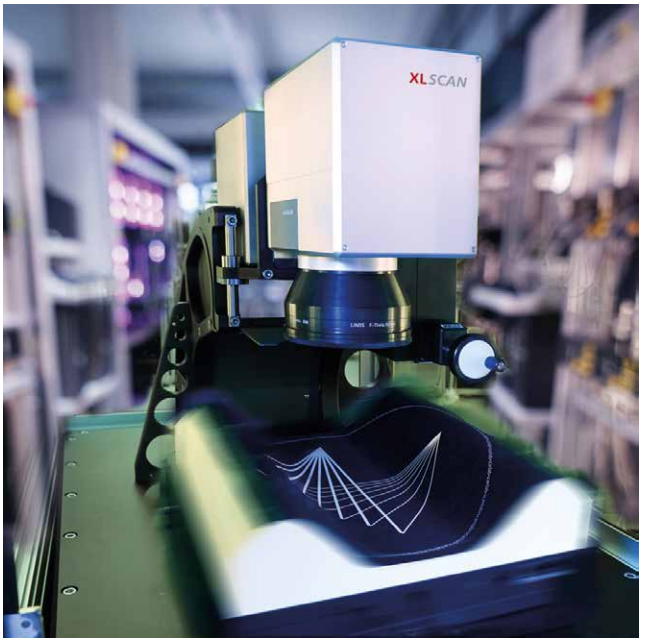


图4：Scanlab公司的XL SCAN同步扫描头，带有集成的F-θ透镜和z-shifter，用于大面积微加工。

一起使用的低热漂移，以及整个像场中良好、均匀的聚焦质量。”Scanlab 公司系统分析师 Florian Merkt 说，“为确保在各种应用中获得最佳性能，经常在开始扫描解决方案的设计之前，我们就与供应商紧密合作。在早期阶段，模拟用于评估结合特定扫描头的性能。之后，在我们的激光实验室中对扫描透镜样品进行测试，就可以验证特性，例如在激光波长下的透过率、质量以及工作平面中光斑的均匀性，或者确认畸变校正。”

Scanlab 公司集成扫描透镜包括在其各种版本的扫描头中，对 F-θ 透镜进行优化的机械安装。“在这里，至关重要的是要满足设计反射镜的距离，以确保最佳的成像质量和足够大的视野。”Merkt 说，“另一个重要方面是从扫描透镜的光学模型中得出正确的畸变校正，并将此校正整合进扫描系统的控制方案中。”

通常，扫描透镜与 z-shifter（例如 Scanlab 公司的 varioSCAN 或 excelliSHIFT）结合使用，以实现三维扫描（见图 4）。F-θ 透镜提供平场校正，z 轴允许沿光束路径移动焦点，因此可以将工作平面移动到 F-θ 透镜所定义的平面之上或之下。在这种情况下，需要对扫描头控制进行更复杂的 3D 校正，以将激光聚焦引导到所需的 XYZ 位置。

当由 F-θ 透镜产生的光斑在工作平面中的位置接近 F-θ 条件（意味着图像高度大约与设置的扫描角度成正比）时，可以通过控制扫描镜来补偿与该比例的偏差，Merkt 说。

Scanlab 公司的系统覆盖 193nm~10.6μm 的波长范围。任何示例应用都只能简要了解使用 F-θ 透镜的各种真实加工。在许多低功率激光打标加工中，扫描速度是关键。在其中一些应用中，CO_2 激光通过简单的单元件扫描透镜聚焦，从而产生几百微米的光斑大小。

与第一个示例相反，使用二极管激光器进行塑料焊接，允许在中等功率下连接透明和不透明的塑料零件。通常像的尺寸相当大，因此需要长焦距，而光斑尺寸则不是那么关键。

第三种应用是超过 1kW 的高功率光纤激光器焊接钢材。必须优化相应的扫描透镜设计以实现低吸收。

正如 Merkt 解释的那样，在微加工中使用了 F-θ 透镜，尤其是短焦距的透镜。这些透镜有助于实现最小的光斑尺寸，并可以对包括微光学元件在内的各种衬底进行精细雕刻和结构化。

Merkt 说，有些客户甚至将扫描头和 F-θ 透镜与衍射光学元件结合在一起，以在像平面上整形光斑。❑

参考文献

1. G. Toesko and C. Dehnert, “Femtosecond laser optics combat pulse dispersion, color errors, and reflections,” Laser Focus World, 52, 3, 38–41 (2016); http://bit.ly/FThetaRef1.
2. M. Zenz et al., Mikroniek, 59, 4, 12 (2019).

上接第36页

输速度为 200,000km/s，这对云计算中心的时延提出了严格的最低要求。到一千公里外数据中心的往返就需要 5ms，这还不算两端的处理时间。当在高速公路上驾驶汽车或对可能的医疗事件做出反应时，几毫秒的时间都是至关重要的。

要减少时延，将需要在全国范围内建立一个数据中心网格。它们不必很大，但速度必须快。研究人员正在寻找提高速度的方法。在一项实验中，韩国电子通信研究院（Electronics and Telecommunications Research Institute）的 Hwan Seok Chung 和同事将一对不同波长的 WDM 通道捆绑在一起，以并行方式传输 25Gbit/s 的数据包，以 50Gbit/s 的速度传输数据，在超过 20km 的传输距离内时延低于 400 μs。随着 5G 的成熟，预计将会出现更多挑战。技术本身肯定会带来挑战，但更大的挑战，可能是为需要花费数年才能获得回报的投资寻找资金。❑

CIOE
中国国际光电博览会
CHINA INTERNATIONAL
OPTOELECTRONIC
EXPO

第22届
中国国际光电博览会

专注于激光精细加工和创新应用

激光技术及智能制造展
Lasers Technology & Intelligent Manufacturing Expo

预计
160,000M² 展出面积
85,000+ 专业观众
3,000+ 参展企业

同期展会联动

- 信息通信展 Information and Communication Expo
- 精密光学展 镜头及摄像模组展 Precision Optics, Lens & Camera Module Expo
- 光电传感展 Optoelectronic Sensor Expo
- 红外技术及应用展 Infrared Applications Expo
- 光电子创新展 Photonics Innovation Expo

2020.9.9-11

深圳国际会展中心（宝安新馆）

扫码即刻
登记免费参观

WWW.CIOE.CN

投资者的资金何时开始涌向光子学领域？

文/John Dexheimer，LightWave Advisors公司总裁

为什么生产光子学产品的公司获得了投资者的强烈关注？而更传统的元件和仪器公司却并未受到如此青睐？了解这个问题的答案，对于新的光子学企业家、经验丰富的企业高管、甚至是对更广泛的光子学界都至关重要。这一点之所以重要，是因为投资市场的动机和时机经常被误解，进而导致不切实际的预期。

这些投资市场的核心是风险资本家（VC）和其他股票投资者，他们希望他们的投资组合公司有高于平均水平的增长，管理层有着扩展业务的资深经验，以及具有能够产生经常性收入的商业模式。如果这些特征没有得到证实，那么投资者就会忽略一个行业和那些不符合他们关注重点的公司。

光子集成电路（PIC）和传感器驱动的光子学元器件检查，具有巨大的市场潜力。因此，制造这些元器件的公司正在吸引大批全球投资者的关注。对于一些投资者而言，一个实用的方法是寻找能够通过包括软件和增值的经常性收入，来实现规模扩张的光子学公司；例如，Cognex 和 Illumina 就是过去几年中涌现出的这种模式的典范。在当今的投资市场上，激光雷达和量子系统制造商，被视为是值得支持的新一代公司的一部分。

光子学中的资本注入与高回报

在 2020 年的 SPIE Photonics West 展会上，对光子学的巨大热情让我想起了我曾经担任董事总经理的投资银行，是如何推动 Uniphase 公司（现在实际上是 Lumentum 和 Viavi）上市的。在 1993 年首次公开募股（IPO）之前，尽管 Uniphase 公司的盈利和增长都保持良好，且其激光器产品在其所属的行业中引领着市场，但它远非吸引众多投资者的宠儿。当时最热门的 IPO 是 Boston Chicken，而激光器公司很难获得投资者的需求，因为激光器市场被认为是一个很小的市场，且增长缓慢，许多投资基金根本就不关注。

20 世纪 90 年代末，电信业的繁荣导致对激光器产生了大量需求，在 1999 年 JDS Fitel/Uniphase 合并成为 JDSU 前后，Uniphase 已经成为投资者们眼中的新宠。这一合并推动了风投公司向每一家拥有光通信相关技术和产品的公司投资数十亿美元，直到该行业陷入困境。

许多其他光子学元件公司也在这股投资热潮中乘风破浪，有的被电信运营商收购，有的被系统级公司收购，有的受到了 Ciena、Cisco 和 Nortel 等公司的青睐。从长远利益考虑，投资者推动的创新浪潮蔓延到了医疗、工业激光和光学等领域。

需要记住的一点是：投资者的想法始终没有任何改变。换言之就是：（1）他们希望尽可能轻松地赚钱；（2）他们不在乎技术的神奇之处；（3）他们需要“可比性”或基准来比较任何给定的公司；（4）这些投资者进出热门行业的速度非常快。



John Dexheimer，LightWave Advisors公司总裁

激光雷达和量子学的兴起

最近几年来，激光雷达已经成为一个热门项目，估计约有 100 家制造商获得了风投资金或是被收购，开展激光雷达业务。然而，新闻炒作中所说的“每年生产的 1 亿辆汽车中均配备激光雷达”的情况，在短期内并不会实现，也可能永远都不会实现，因为这会面临监管机制、总的系统成本以及消费者行为调整等多方因素的障碍。量子学也在经历着类似的浪潮，它有望在全球范围内争夺信息优势，但是要获取有用的内容，仍然需要走过一条历经多年的迷雾重重之路。

为什么投资者会蜂拥而至到这些技术领域？这并非是尊重那些做着很酷的科研工作的物理学家，而是对大数据和人工智能的又一次尝试。在过去的十年中，投资者通过投资互联网和以数据为导向的公司获得了回报。而现在的激光雷达和量子学领域，与之前投资的领域有一定的可比性，因此再次推动了一波投资浪潮。光子学公司正在为这波浪潮推波助澜，但它们只获得了投资回报的一小部分。

光子学公司是否可以通过增加人工智能来提升增值链，从而获得

巨大的投资收益？或者他们是否会满足于成为一个受周期冲击的仪器或组件制造商？我最喜欢的光子学公司案例是 Illumina，这家公司获得了额外的附加值。Illumina 在成立之初便请来了一个生物学家团队，负责提升核心光纤技术的价值，以实现一套包含系统、软件和经常性收入的完整解决方案。

以类似的方式，一些光子元件公司正试图利用新的光子学解决方案来拓展或改变这个市场，从而进入一个巨大的、发展良好、且数据密集型的大众市场。它可以成为 PIC/ 硅光子学、VCSEL 或相关手机光学器件生产商的制胜公式。在过去的几年中，Sunny Optical 和 Largan 等生产商通过使用可扩展的半导体工艺而迅速发展。

投资者如何看待光子学公司

取决于你对风险和失望的容忍度，你可能会非常高兴没有追赶一波投资浪潮。在一个高速增长、聚焦大型市场的投资市场中，风险投资驱动的模式意味着：对于每一桩赶上一波令人瞠目结舌的高点的投资，十有八九都将归于失败。

大多数私人和非私人的光子学公司，都被投资者称为“生活方式公司”——这些公司能够靠着温和的增长，维持自身发展。这些小公司并不吸引风险投资，他们未来的发展道路是按照类似工业公司的众所周知的指标，以 5-9 倍的息税折旧摊销前利润（EBITDA）被收购。即使是较大的公司收购也是如此，例如几年前 Rofin 和 Newport 就是以典型的 10x EBITDA（MV/Revenue 约 为 1.6x）被收购的。

在光子学领域，康宁公司是备受推崇的领导者。对于股票投资者来说，康宁的 MV/Revenue 低于 2x，最近的 MV/EBITDA 为 7.5，这被视为一个良好的股利分配，而非增长。在 2020 年 3 月的股票抛售之前，康宁的股价终于与 2008 年的高点持平。相比之下，截至 2020 年 2 月下旬，PHLX 半导体行业指数（SOX）自 2008 年峰值以来已经上涨 5 倍。以类似的方式，大多数投资者不再将工业激光行业归类为增长型行业。

最近光子学领域呈现的投资趋势，可能会让一些观察家们感到困惑。随着投资者涌向激光雷达、量子计算、VCSEL 和新的传感模式，以及最近对硅光子学公司的收购，观察家们可能会看到光子学行业最终被看好的证明。然而，这与技术毫不相关。事实上，所以这些都取决于预期的回报有多大，被投资的公司能增长多少、能否有效地扩大规模，以及是否能实现高的且可持续的利润。

半导体和软件行业吸引投资者眼球的一个原因是：它们在生产率方面处于领先地位，每名员工的收入都非常高，与大多数光子学业务相比，半导体和软件行业的规模化和利润率更高。近年来，半导体和软件行业的每位员工的平均收入在 50~63 万美元之间，而电子仪器行业员工的平均收入在 21.7~39 万美元之间，这与 OSA 提供的数据一致。如果你不能在投资者的时间窗口内获得更好的投资回报，那么投资就会很容易飞走。❑

广东省规划激光产业集群发展蓝图

5 月 20 日，广东省政府官网发布的信息中提出，到 2025 年，培育若干具有全球竞争力的产业集群，打造产业高质量发展典范，为战略性产业集群发展绘出“路线图”。其中，激光与增材制造产业集群被列为广东省十大战略性新兴产业集群。

在激光与增材制造产业集群方面，未来将重点发展前沿 / 领先原创性技术、高性能激光器与装备、增材制造装备与系统、应用技术与服务等，促进以广州、深圳为核心，珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门等地各具特色的产业集聚区。

根据广东省激光产业的发展现状，预计关键材料、核心器件、高端装备与应用等原创性、领先性技术研究；高功率合束器、光纤光栅、光隔离器、扫描振镜、激光加工头、高亮度芯片等核心器件；万瓦级工业用光纤激光器、超短脉冲激光器、增材制造高端装备等研制，涉及精密激光加工装备与系统、增材制造装备与系统以及产业应用等关键共性技术将会纳入到新一代激光产业的范畴内，这些领域将获得更多的财政资金和政策的支持。

联赢激光推出千瓦级蓝光激光器



联赢激光推出了国内首款自主研发的高功率千瓦级蓝光激光器，输出波长 455nm，通过芯径 800μm 的光纤输出，实测最高输出功率高达 1.1kW。该激光器在焊接铜材时属于热传导焊接，焊接过程无飞溅，熔池稳定，焊后焊缝平整，外观良好。现阶段主要适用于 0.5mm 以下的薄铜材或铜箔焊接。

联赢激光还自主研发了蓝光复合焊接出射头，其将红外激光及蓝光激光复合在一起，使两束激光的轴线在空间上重合，红外激光用于深熔焊接，蓝光激光用于热传导焊接。适用于较厚金、铜材的焊接，能大幅降低飞溅，提升焊缝质量。

联赢激光，www.uwlaser.com

通快2kW绿光激光器全面上市



通快 TruDisk 2021 2kW 连续绿光碟片激光器全面上市，输出波长 515nm。

得益于碟片式的几何结构设计，TruDisk 2021 可在兼具高功率输出的基础上，达到 2mm.mrad 的出色光束质量。通过功率冗余设计及实时闭环反馈功能，能将输出功率稳定在 ±1%，保证加工过程的稳定性。能够抵御背光反射。

可以实现稳定的热传导焊接，焊接过程无任何飞溅，避免返工、后续操作及故障等。对铜的表面状态不敏感，针对不同表面（研磨看、酸洗、抛光、未处理）均能实现稳定的焊接质量，可重复性及熔深一致性好。

通快，www.trumpf.com

锐科激光P20MX MOPA脉冲光纤激光器



锐科激光推出的全新 P20MX MOPA 脉冲光纤激光器，拥有 0.7mJ 的单脉冲能量，提高工作效率；2~500ns 的宽脉宽调节范围，加工材料更广泛；1~2000kHz 的更大重复频率范围，填充效果更好；连续和调制模式输出，一机多用；更短的脉冲建立时间（< 20μs），首脉冲可用。

P20MX 外观小巧，专业用于金属打标、打彩、塑料打标等领域。

锐科激光，www.raycuslaser.com

IPG YLS–U系列高功率光纤激光器

YLS-U 系列光纤激光器，融合了 YLS-CUT 系列的所有特点和技术进步，专为要求严苛的切割应用而开发。其紧凑、轻巧的外形设计，易于集成到切割机中。激光器自带除湿器，封装在气密型机柜中，使激光器可以在最恶劣的生产环境中工作。



YLS-U 整合了 IPG 在二极管模块、光纤盒、数字电源和数控电子单元最新技术，从而可以提供可靠、灵活的生产解决方案。该全新控制系统允许对激光器和工艺子系统进行集成控制。

YLS-U 系列激光器可提供 1~10kW 的输出功率；电光转换效率从之前的 40% 提升至最高可达 45%，节约更多能源成本。

IPG，www.ipgphotonics.com

圣德科波长可调谐激光器TSL–550

圣德科推出波长可调激光器 TSL-550，其采用最新腔体设计实现了更低的 ASE 噪声，将信噪比特性提到 90dB/0.1nm，同时兼顾了超过 +13dBm 的峰值输出功率。尤其是密集型波分复用器、隔离器等无源光学器件、波长选择开关（WSS）等需要兼顾功率计噪声影响的高要求产品测试的理想选择。



TSL-550 相对上一代产品将重复扫描所需时间减半，另外还可以通过多通道光功率计、偏振控制器等实现 IL/WDL/PDL/Ripple 等参数的测试。

圣德科，www.santec.com.cn

BWT 450nm 200W蓝光半导体激光器

北京凯普林光电的 450nm 蓝光激光器，通过芯径 200μm 的光纤输出，输出功率达 200W。产品融合了公司成熟的半导体激光器芯片封装技术、特殊波长高透过率高包容性光路设计、空间合束及偏振合束光学整形、芯片及

组件长期可靠性验证方案。



该激光器外观尺寸为246mm × 204mm × 47mm，约A4纸大小。其柔性光纤输出方式，能够方便地与系统设备集成。可应用于有色金属焊接、工业熔覆、淬火、材料处理、激光研究，激光显示等领域。

北京凯普林光电，www.bwt-bj.com

MKS/Spectra–Physics 140W工业飞秒激光器

MKS旗下的Spectra-Physics推出工业级混合光纤飞秒激光器Spirit 1030-140，在输出波长1030nm时，平均功率大于140W。能提供大于600μJ的超短脉冲能量和小于400fs的红外脉冲，脉冲重复频率从单次脉冲到30MHz可调，能以最高吞吐量进行加工处理。此外，用户还可配置脉冲串模式，以实现最高的烧蚀效率。



Spirit 1030-140提供卓越的光束质量，并包括一个集成的脉冲选择器，用于单脉冲选择和快速功率控制以实现高加工吞吐量。适用于OLED显示屏制造、半导体晶圆切片、聚合物切割、金属钻孔和切割、硬脆材料的精密加工、多晶金刚石（PCD）切割和烧蚀、蓝宝石切割和钻孔以及三光子显微镜和光参量放大器泵浦。

MKS/Spectra-Physics：www.spectra-physics.cn

新一代大功率半导体激光器测试设备

瑞波光电开发带自动偏振测试功能的RB-CT1004X激光器测试设备系列，该型设备集成了LIV、光谱、远程发散角、偏振度自动测试功能，是目前市面上功能最全的半导体激光器测试设备，可广泛应用于激光器芯片、泵源研究院所、大学和生产制造企业。



目前该RB-CT1004X系列设备刚一上市就已经获得国内多家半导体激光器制造商的订单，显示出业界对新型测试设备的强力认可和迫切需求。

瑞波光电，www.raybowlaser.com

奥徒激光Tangor UV飞秒激光器

奥徒激光发布的紫外飞秒激光器Tangor UV，在800kHz的脉冲重复频率下，能够实现平均功率30W的紫外输出，最大单脉冲能量达37.5μJ（@800kHz），脉宽为500fs。

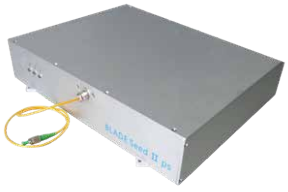


Tangor UV具备最新的高速位置同步出光功能FemtoTrig®，能够完美应用于以下领域：面板行业中的FlexOLED切割、HIAA钻孔、蓝宝石/玻璃切割；半导体行业中的薄晶圆切割；以及用于表面纹理加工等微加工应用。

奥徒激光，amplitude-laser.com

诺派激光1μm降频皮秒光纤种子源

诺派激光生产的Blade Seed II-ps带选频功能的超快光纤种子源产品，可输出脉宽<10ps、单脉冲能量为10nJ、波长1064nm的皮秒脉冲，频率可调范围50kHz~50MHz。



产品主要特点：采用全光纤结构；经过万次锁模重复启动检测；经过HASS测试；支持脉冲串输出；采用诺派激光自主研发Smart-Lock制造工艺；具有TTL同步输出和I/O状态输出端口；支持上位机远端控制；7/24高稳定运行，胜任工业应用场合；面向固体放大用户，体积小巧，性价比高；通过CE、ISO9001认证。

诺派激光，www.npilasers.com

顶尖科仪LaserPoint BLINK系列高速激光探测器

LaserPoint公司的BLINK系列产品是新一代高速激光探测器，在超短脉冲测量和表征方面有前所未有的优势。其自然响应时间达到90ms，同时还可以保持较宽的光谱响应范围和较高的功率密度承受能力。可以直接接受高达60W的功率。



BLINK系列产品专门用于测量脉冲持续时间可达飞秒的超快激光，例如用于超快脉冲激光器的精确能量测量、生产线上快速制造过程的实时监控，以及超快激光器快速不稳定性的检测等。

顶尖科仪，www.psci.cn

钋镭PoLeader2.0智能调焦20kW光纤切割头



苏州钋镭自动化科技有限公司（PORAD）推出的 PoLeader2.0 是一款智能高功率调焦型光纤切割头。可适配 Qplus、QD 等光纤接口，最高功率超过 20kW，能实现更快、更高效的激光切割。全新设计的切割头气路，可以实现高品质和更快速度的切割，提高切割效率。能实时监测切割头内部情况，提高镜片寿命。

其他特征包括：自动对焦使切割系统更加自动化；设计轻巧，加速度快；密闭的光路保护；LED 操作指示灯显示切割头状态；通过无线网络可在移动终端读取监测数据；可以获得更宽的切割工艺窗口参数，使用者更容易掌握切割参数。

苏钋镭自动化科技有限公司，www.szporad.com

昆山大鑫华激光手持式激光焊接机



该手持式激光焊接机由激光器、控制系统、手持焊接头、送丝系统及冷却系统组成。这是一款灵活方便任意角度焊接的机器，操作简单，对焊接产品的拼接间隙适应性强。

手持式激光焊接热影响很低，变形轻微或不变形，焊斑点在 2mm 以内，外观精密，只需轻微打磨，不易穿孔，能量可控，精密度高，耗时短，员工经过简单培训即可操作，照射光无危害。

应用领域包括家电、家具、安防、广告、机柜机箱、橱具厨卫等行业。

昆山大鑫华激光科技有限公司，www.dxh-laser.com

华工激光全自动玻璃切割机



华工激光推出的光刃 LK300/400D 全自动玻璃激光单头 / 双头切割机，采用皮秒激光成丝切割技术，对手机摄像头保护玻璃进行整版切割，以代替传统的 CNC 加工模式。

主要特征：（1）采用第三代皮秒激光成丝切割工艺，能直接切透；（2）直线电机 PSO 控制，路径控制实时同步，切割边缘质量好，能实现异形切割；（3）采用 CCD 相机定位，实现偏移纠正补偿；（4）符合人体工程学，定制自动上下料系统设计，省力放心。

华工激光，www.hglaser.com

Thorlabs用于显微镜的可配置六色光源

Thorlabs 发布新的六色光引擎，用于荧光激发应用。可配置的 Chrolis ™设计将来自 6 个客户选择的大功率 LED 的光组合到单个 Φ3mm 的液体光导中。用户可以从 11 种不同的波长选项中进行选择，输出范围 365~780nm，涵盖所有已知的荧光团。



每个 LED 的强度可以通过易于使用的图形用户界面单独控制，该界面还提供了广泛的脉冲功能。内部产生光脉冲。对于每个 LED，可以分别设置脉冲参数。脉冲经过优化，可快速上升 / 下降，并提供同类最佳的波形。通过 BNC 接线盒，也可以用外部信号触发 LED。同样，内部产生的脉冲也可以用于触发外部设备，例如相机。

Thorlabs，www.thorlabs.com

中科煜宸激光手持式激光焊接机

南京中科煜宸激光技术有限公司推出灵活可靠的手持式激光焊接机，具有操作简单、高效工作、灵活可靠、精工制作的特点。



该系列产品采用一体化设计，结构布局安全合理。焊枪重量仅为 1kg，且不受工件形状和加工环境或空间限制。其操作简单，可加工多种金属材料，如钢材，镀锌板以及薄壁铝合金件等。此外，还具有维护成本低，能耗低的特点。

适用于灯饰及模具行业；卫浴行业；光电通信器件、医疗、电子、电池等行业；钣金行业，如机箱、机柜、橱柜厨卫、五金制品、广告标牌、钢制家具、不锈钢制品、电梯、工艺制品、货架等不同产品；还可用于轨道交通、航空航天、军工产品制造、首饰工艺品、汽车零部件等领域。

煜宸激光，www.raycham.com

LaserFocusCon
激光聚会2020

动荡与机会并存
如何把握制胜商机

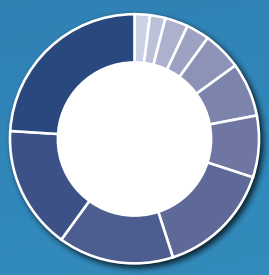
工业 4.0、中国制造 2025、5G ……为制造业带来了发展机遇，中国制造业处于向上发展的历史大潮中；然而，中美贸易摩擦影响持续蔓延，也为中国制造业带来了挑战。在这个机遇与挑战并存的关口，制造企业该从何处着手谋求长远发展？如何通过部署先进制造技术快速实现转型升级、让自身在市场竞争环境中拥有“硬本领”？激光，作为一种先进的加工工具，随着自身技术的不断提升和市场需求的发展，已经在制造业的发展中挥发着举足轻重的作用。

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19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

Advertiser	广告商名称	网址	页码
ACS Motion Control (China)		www.acsmotioncontrol.cn	21
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
CASTECH INC.		www.castech.com	33
CIOE		www.cioe.cn	41
COHERENT		coherent.com	9
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/050-8610	29
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	27
JPT		www.jpt-hipa.com	IFC
Newport	理波光电	www.newport.com.cn	7
Reci Laser	北京热刺激光	www.recilaser.com	25
普雷茨特精密技术（上海）有限公司		www.precitec.de/en/products	5
Santec		www.santeccom.cn	1
SCANLAB GmbH		www.scanlab.de	17
TRUMPF		www.trumpf.cn	VC
安扬激光		www.yslphotonics.com	IBC
Zemax		Zemax.net.cn	3



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

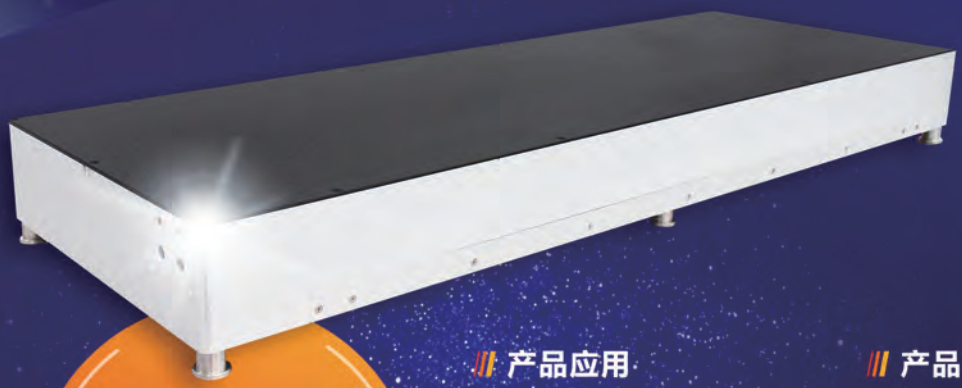
Europe & Middle East (欧洲及中东)

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



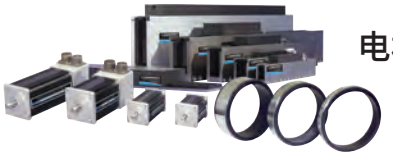
高精密运动控制全方位解决方案



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