

激光世界

LaserFocusWorld® *China*

**飞秒激光器：
从诞生到工业应用** 23

超快激光器在医疗器械制造领域大显身手 14

创新型激光焊接方案推动电动汽车生产 18

用于高功率蓝光激光二极管的经济型高性能快轴准直镜 32



微信公众号

激光技术

激光技术打造智能化3C制造生产线

9月5日·深圳会展中心

随着电子器件朝着精密化、微型化、柔性化的方向发展,电子器件在生产过程中对加工技术提出了更高的要求,激光技术尤其是超快激光加工技术,正以独特优势不断吸引着人们探索其在电子制造领域更广泛的应用。由雅时国际商讯 (ACT International) 与《激光世界》(LaserFocusWorld China) 主办的激光技术聚焦系列会议 (LaserFocusCon), 将首次携手中国国际光电博览会CIOE, 于9月登陆深圳, 大会将以“激光技术打造智能化3C制造生产线”为主题, 邀请激光技术供应商与3C制造厂商一起, 深度探讨激光技术将如何与当前智能制造的大环境相结合, 帮助3C制造企业打造智能、高效的创新型生产线。

会议主题

手机全面屏的精密切割

蓝宝石等其他脆性材料切割

透明、异质、高反材料的焊接

PCB/ 柔性电路板的钻孔与切割

激光在各种材料上的打标与雕刻

3C 制造中的超快激光加工技术

视觉引导的机器人激光加工系统

激光技术在手机制造中的应用趋势

会议咨询: 姚丽莹 Hatter Yao 13917713422 李 歆 Amber Li 18201790167

主办单位

大会媒体

支持单位

LFWC公众号

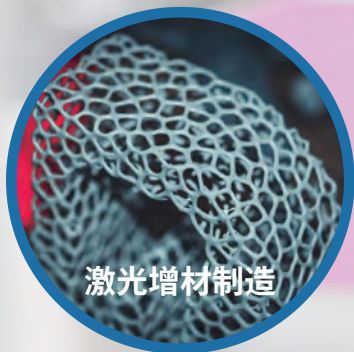
LFWC免费索阅



激光世界
LaserFocusWorld China

CIOE | 中国光博会





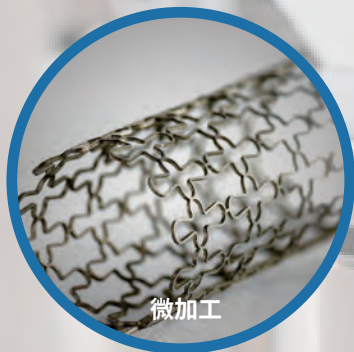
激光增材制造



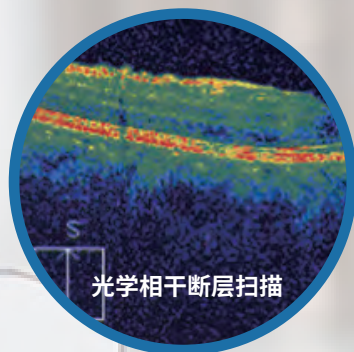
激光打标及编码



数字模切



微加工



光学相干断层扫描

创新的激光光束扫描技术

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

如需了解更多信息, 请联系我们。

 www.cambridgetechnology.com

 scanners@cambridgetechnology.com



CAMBRIDGE
TECHNOLOGY

A Novanta Company



23 封面故事

飞秒激光器

从诞生到工业应用

飞秒激光器在从医疗到汽车等各个领域的商业化，是可靠和创新产品工程的驱动力。飞秒脉冲激光将在制造领域持续发展和扩张。

市场风向标

10

到2024年，激光打标市场规模将达到30亿美元
市场研究公司预测，到2024年，全球总体激光打标市场将从2018年的21亿美元增长到2024年的30亿美元，复合年增长率为6.0%。



12

到2023年，光子学市场规模将达到7804亿美元
市场研究公司预测，到2023年，全球光子学市场的规模将从2017年的5200亿美元增长到2023年的7804亿美元，复合年增长率为7.0%。



应用天地

14

激光微加工

超快激光器在医疗器械制造领域大显身手

超短脉冲激光实现了金属、玻璃和聚合物等材料的冷消融精密加工，为更精密、更复杂的医疗器械制造提供了创新方案。



18

激光焊接

创新型激光焊接方案推动电动汽车生产

CleanWeld净焊技术，能精确管理激光功率在特定情形中的应用方式，最大程度提高焊接工艺的可控性和稳定性，实现一致的卓越焊接效果。

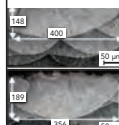


20

增材制造

针对轻量金属零件制造的增材制造工艺

再利用铝粉末能实现轻量金属零件的优化增材制造工艺，提供高质量产品的有效、定制化和具有成本效益的生产过程。



技术中心

26

激光点火

激光点火定量改善汽油发动机的性能

来自罗马尼亚的研究人员，已通过光纤耦合、紧凑的Nd: YAG/Cr⁴⁺: YAG激光火花塞，在激光点火系统的设计和量化演示方面取得了新进展。



28

增材制造

futureAM项目发现用于增材制造的超合金

几十年来，一个工程师团队始终在致力于改进激光粉末床焊技术，以便允许更多的材料能够应用于增材制造中。

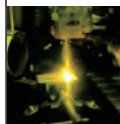


29

激光焊接

NIST研究提高激光焊接的可行性和市场性

更好地理解激光与金属的相互作用，将帮助工业界更好地控制激光焊接过程。

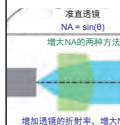


32

光学器件

用于高功率蓝光激光二极管的经济型高性能快轴准直镜

由FISBA“蓝”制成的FAC，为当前功率的蓝光单管激光器提供了一种无与伦比的成本和性能优势。



34

激光雷达用激光器

FMCW激光雷达：自动驾驶汽车的另一种新选择
频率调制相干激光雷达有望收集更多驾驶汽车时计算机所需的数据，挑战在于降低成本并提升性能。



商业论坛

38 光子学中的性别平等问题得到重视

实现性别、民族和种族的平衡，能显著提高公司的财务业绩。我们必须明白，纠正工资不平等在商业上具有很多潜在意义。

Median Salary by Gender and Years Experience		
	Women	Men
Less than one year	\$40,492	\$43,719
1-4 years	\$49,500	\$50,856
5-9 years	\$50,000	\$57,098
10-14 years	\$54,864	\$61,132
15-19 years	\$56,202	\$64,619
20-24 years	\$69,194	\$84,000
25-29 years	\$80,000	\$106,506
30+ years	\$100,000	\$120,000
More than 30 years	\$79,812	\$123,941

6

编者的话

8

前沿简讯

40

产品精英

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



华南先进激光及加工应用技术展览会
2019年10月10-12日·深圳会展中心

欢迎莅临贝林激光展位: **2E73**



「脉宽 < 15ps」

「DPSS固体皮秒激光器」

「超过800台皮秒激光器销售及应用」

「应用领域: 5G、半导体、显示、医疗等」

工业级

皮秒激光器



敬请关注微信公众号

飞秒

红外 20W | 50W | 100W

皮秒

紫外 10W | 15W | 30W
绿光 5W | 15W | 30W | 45W
红外 2W | 10W | 30W | 50W | 75W

纳秒

紫外 ≤1W | 3W | 5W | 8W | 10W | 12W | 15W
绿光 5W | 12W | 25W
红外 定制

苏州贝林激光有限公司(联系方式)

📍 苏州工业园区苏虹中路77号

☎ 0512-87773416

🌐 www.bellinlaser.com



23 COVER STORY

Femtosecond Lasers

From inception to industrial applications

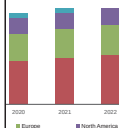
The commercialization of femtosecond lasers in various markets ranging from medical to automotive is a constant driver for the engineering of reliable and innovative products. The use of femtosecond pulsed lasers in manufacturing will continue to evolve and expand.

MARKET WATCH

10

Laser Marking Market worth \$3.0 billion by 2024

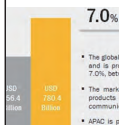
The overall laser marking market is expected to grow from USD 2.1 billion in 2018 to USD 3.0 billion by 2024, at a CAGR of 6.0%.



12

Photonics Market worth \$780.4 billion by 2023

Photonics Market is projected to grow from USD 520.0 billion in 2017 to USD 780.4 billion by 2023, at a CAGR of 7.0 % during the forecast period.



APPLICATIONS

14

Laser Micro Processing

Ultrafast lasers hit the spot in medical device manufacturing

Ultrashort pulsed laser achieves precise cold ablation processing of metal, glass and polymer materials, which provides an innovative solution for more precise and more complex medical device manufacturing.



18

Laser Welding

Innovative laser welding promotes electric vehicle production

CleanWeld welding technology can accurately manage the application of laser power in specific situations, maximize the controllability and stability of welding process, and achieve consistent excellent welding effect.

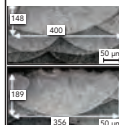


20

Additive Manufacturing

Optimized additive manufacturing for lightweight metallic components

Recycled aluminum powder enables optimized manufacturing process of lightweight metal parts and provide efficient, customized and cost-effective production process of high-quality products.



TECHNOLOGIES CENTER

26

Lasers Ignition

Laser ignition quantitatively improves performance of gasoline engines

Researchers have achieved advances in their design and quantifiable demonstration of an laser ignition system using fiber-coupled, compact Nd:YAG/Cr4+:YAG laser spark plugs.



28

Additive Manufacturing

futureAM project discovers superalloys for additive manufacturing

A team of engineers has been refining laser powder buildup welding over decades to allow more materials to be applied in additive manufacturing.

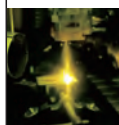


29

Laser Welding

NIST research to improve viability and marketability of laser welding

A better understanding of the interaction between laser and metal will give industry more control over laser welding.

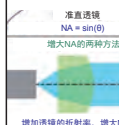


32

Optical Components

Economical, High Performance Fast Axis Collimators for High Power Blue Laser Diodes

FAC, which is made from FISBA "blue", provides an unparalleled cost and performance advantage for current power blue-light single-emitter lasers.

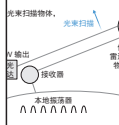


34

Lasers for Lidar

FMCW lidar: An alternative for self-driving cars

Frequency-modulated coherent lidar promises to collect more of the data computers need to drive cars—the challenge is to bring down costs and improve performance.



38 BUSINESS FORUM

Gender equity in photonics pays off

We must convince people that correcting salary inequality is not altruism, it makes business sense.

Median Salary by Gender and Years Experience

	Women	Men
Less than one year	\$40,492	\$43,719
1-4 years	\$49,000	\$50,826
5-9 years	\$50,000	\$57,098
10-14 years	\$54,864	\$61,132
15-19 years	\$56,262	\$64,410
20-24 years	\$69,184	\$84,000
25-29 years	\$80,000	\$106,500
30-34 years	\$100,000	\$120,000
More than 35 years	\$79,812	\$123,941

6

EDITOR'S NOTES

8

LEADING EDGE SNAPSHOTS

40

PRODUCTS HIGHLIGHTS

44

AD INDEX

About Laser Focus World China

Published since 2005, Laser Focus World China, the Chinese edition of the world famous Laser Focus World magazine, is the professional magazine for engineers, researchers, scientists, and technical professionals in China. It provides comprehensive global coverage of optoelectronic technologies, industrial and R&D applications, and market information. The editorial content licensed exclusively from Laser Focus World magazine is supplemented 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

PROCUTTER 2.0 – 从优秀到卓越

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**15kW+**，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.cn/products>

MADE IN GERMANY

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！



欢迎莅临普雷茨特工博会展台
展台: 4.1H-C151
2019.9.17-9.21

普雷茨特 激光切割的精益之道

www.precitec.com

更短的脉宽、更短的波长， 开启更多创新

业界对产生和使用越来越短、越来越强的激光脉冲的兴趣始终高涨。飞秒激光技术已经从最初的实验室研究走向了眼科应用、再到现在的诸多工业应用，如用于晶圆切割、玻璃的焊接以及汽车发动机零件的精密加工等 (p23)。在医疗器械的生产制造方面，超快激光在金属、玻璃和聚合物等材料的冷消融精密加工方面，为更精密、更复杂的医疗器械制造提供了创新方案，其中千瓦级的飞秒激光器有着突出的表现 (p14)。

中国拥有巨大的激光加工市场，也曾一度被海外激光厂商认为是黄金市场，他们在中国市场获得了丰厚的收益。但是随着中国本土激光厂商的发展和技术水平的提高，海外公司开拓中国市场的难度正在加大，特别是在中小功率级别的激光应用市场，海外公司不再拥有竞争优势 (p30)。但另一方面，随着当前中国制造业水平向着更高端发展，很多创新的应用需要先进的激光技术去实现，因此很多海外厂商依然看好中国的高端应用市场，比如最近 Toptica Photonics 就宣布成立 Toptica Photonics (中国) 有限公司，目的是更方便为中国客户提供包括飞秒激光器在内的全线产品和本地化服务，抓住中国的高端应用市场 (p13)。

金属对蓝光的高吸收率，使得人们一直没有停止对蓝光激光源的探索。最近我们看到的好消息是，美国 Nuburu 公司和德国 Laserline 公司都在 6 月份的慕尼黑激光展上展示了针对铜焊接的千瓦级的工业蓝光加工系统，这些新的突破将为动力电池制造中的铜焊接以及各种高端应用中的金属焊接应用，提供更加高效、更加理想的解决方案。

当然，仅仅有光源还不够，要让蓝光发挥自身的加工优势，还需要专用的镜头元件。Nuburu 公司自己开发了专用的镜头元件，通过产生高质量光束来优化蓝光的焊接效果。正是看到了工业级蓝光激光器的强大市场需求和发展潜力，FISBA 公司已经开发出了蓝光激光器专用的快轴准直镜，并且在成本和性能方面独具优势 (p32)。

激光打标已经是一种成熟应用，虽然人们对该领域的关注度有所下降，但是这个成熟的市场依然处于平稳健康的增长中。据市场研究公司 MarketsandMarkets 预测，2018- 2024 年间，全球激光打标市场的复合年增长率将为 6.0%，到 2024 年的市场规模将达到 30 亿美元 (p10)。相比之下，全球光子学市场的规模则大得多，预计 2017-2023 年的复合年增长率为 7.0%，到 2023 年将达到 7804 亿美元 (p12)。

在本期内容中，我们还收入了激光焊接领域的文章，包括相干公司的 CleanWeld 净焊技术在电动汽车生产中的应用 (p18)、美国科学家对激光焊接过程控制的研究 (p29)，以及两篇有关增材制造的文章 (p20/p28)，希望读者朋友喜欢。□

本刊编辑部

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 michaeltsui@actintl.com.hk
中国版主编 庞会荣 Rossie Pang
电邮 rossiep@actintl.com.hk
记者 胡雯 Lily Hu
电邮 lilhyh@actintl.com.hk

免费赠阅咨询
电话 (86) 755 2598 8571
传真 (86) 755 2598 8567
电邮 lfwc-sub@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 Conrad Holton
电话 (1) 603-891-9161
电邮 cholton@penwell.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



尖端技术部通讯与光子分部
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

通快 1kW 连续绿光碟片激光器 TruDisk 1020

01

极佳品质
几乎没有飞溅

铜材料焊接
的最佳方案

03

高生产率
加工高反射铜材料

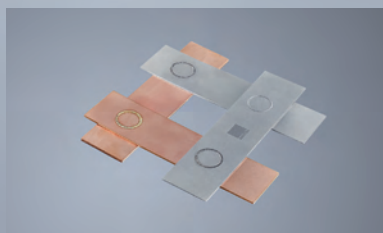
02

高一致性
得益于恒定的功率

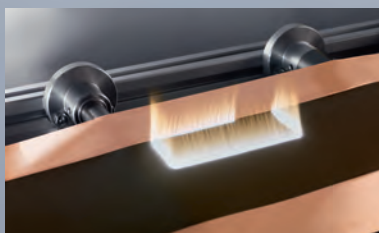
04

成熟的碟片激光技术
长期市场考验

+ 应用



DCB 接触片焊接



铜箔焊接



汽车电控系统内的铜焊接

通快（中国）有限公司

江苏省太仓市南京东路 68 号

电话 +86 512 5328 7700

邮箱 info@cn.trumpf.com

邮编 215400

传真 +86 512 5328 7751

网址 www.trumpf.cn



关注通快 官方微信

前沿简讯 *Leading Edge Snapshots*

诺派激光建成国内首条工业级超快光纤种子源生产线

6月12日，国内首条工业级超快光纤种子源量产线在诺派激光邳州生产基地建成并正式投产，规划年产能600台。

诺派激光专注于超快激光器核心光源技术，在底层核心器件、系统封装工艺以及诊断技术方面具有独特优势。公司已掌握锁模超快光纤种子源核心技术，能够保证种子源在多参数、宽范围内长时间稳定工作。

种子源量产线旨在解决国内高功率超快激光放大器系统（MOPA）所用种子源“交期长、不稳定、成本高”的困境，将极大满足国内超快固体/光纤放大系统厂商的需求，更好地帮助客户缩短大功率超快系统从研



发到成熟应用的周期，支持客户在快速发展的超快精密加工市场中抢占先机。

据部分 MOPA 厂商反馈，诺派激光的 BLADE-seed 系列锁模皮秒光纤种子源，在固体放大器系统中的综合性能可比肩国外厂商水平；在接口定制化能力和响应速度方面，甚至优于

国外厂商。

该超快种子源产线集成了诺派激光先进的 Smart-Lock 制造工艺和诊断技术，可年产锁模皮秒光纤种子源600台以上，并接受光学参数和电气接口的定制。产线符合 ISO : 9001 质量体系认证，实现了完善的品质管理与生产控制流程；具有产品产量大、质量稳定、直通率高等优势；完整的质量监测流程能够保证客户端迅捷的响应与支持。这条具有国内一流技术水平的锁模皮秒光纤种子源的建成投产，标志着诺派激光向全力打造“国内领先、国际一流”的工业级高稳定超短脉冲光纤激光器产品的目标迈出了坚实的一步。□

光纤激光切割机节省工作时间进行更多操作

英国工程服务提供商 Barrnon 公司安装了一台来自英国 MBA Engineering 公司的高功率 Kimla 光纤激光切割机，该设备中采用了 IPG

Photonics 公司的一个分束激光源。在投资了这台 6kW 的光纤激光源后，Barrnon 寻找到了家机器供应商，在提供其所需设备的同时，还要将这台激光源集成到设备中。

光束分束意味着 Barrnon 公司可以只使用一台激光源，就能运行其机器人焊接机和激光切割机，从而最大限度地提高激光源的利用率。换句话说，当在切割机不使用这台激光源的情况下，就可以使用这台激光源进行焊接操作。

“我之前就曾经听说过 Kimla 机

器在行业内的运行速度和效率，并且我还亲自去 MBA Engineering 公司进行了实地参观考察。” Barrnon 公司董事 Andy Barr 说道，“在亲眼目睹了这台强大的设备之后，我们决定投资购买这台光纤激光切割设备，同时与我们的机器人焊接机共享一个激光源。我们需要一个真正定制化的机器来安装这台激光器，MBA Engineering 公司能够提供这项服务。到目前为止，我们对这台机器印象深刻，自从安装以来，我们得到的额外支持为我们提



供了极大的工作便利和信心。”

MBA Engineering 公司 总 经 理 Bradley McBain 表示：“当激光器的工

作效率越来越高的时候，一台激光切割机能仅用以往耗时的一小部分就能完成工作，这将为企

业留出更多的时间处理更多业务。在 Barmon 公司的应用案例中，这些节省出来的时间被用于进行机器人焊接机的操作。”□

多千瓦激光提高汽车制造的速度和效率

一个由欧洲科学家组成的团队正在为汽车制造业开发一种高功率多千瓦级激光器，旨在减少 10% 的浪费产品、减少 5% 的底盘成本，同时减少 2/3 的制造时间。该激光器的工作速度为 1.5km/s，其功率足以切割汽车结构中使用的最硬的硼钢，切割速度可达 1cm³/min，比现有技术实现的 1mm³/min 的钢烧蚀速度快 1000 倍以上。

该激光器具有 2.5kW 的平均功率，或单脉冲功率 100kW，重复率高达 1GHz，集成控制和精细处理功能，能以微米级精度蚀刻车辆零件模具，能实现用于太阳能热吸收器的异质金属焊接。

硼钢由于具备超强的强度而被用于车身中，其经久耐用，但也常常难以切割或成形。用于确保其耐用性的工艺，通常会去除钢材的许多基本属性，如可用性。虽然硼钢可以用等离子弧焊炬（一种使用高压加速热等离子体射流切割的工具）切割，但它可以立即将金属加热到 650℃ (1200° F) 以上，而且切割效果并不像脉冲激光器切割得那样精确或快速。

该激光器背后的研究团队，综合了来自 6 个不同欧洲国家的 11 个研究机构和行业合作伙伴的专业知识，并由芬兰坦佩雷大学进行总协调。

该团队协调人 Regina Gumenyuk 表示：“通过利用专利保护的锥形双



包层光纤放大功率扩展多通道激光器的独特特性，该项目将创造出无与伦比的高功率光束质量 ($m^2 < 1.1$)，脉冲能量为 2.5~250μJ。”该激光系统将实现改进的数字设计，减轻车辆底盘重量，有利于提高燃油效率，进一步拓展电动汽车的范围。该团队预计到 2021 年将推出设备原型。□

集切割、焊接和增材制造功能于一身的多功能激光加工头

由德国弗劳恩霍夫激光技术研究等机构组成的一个开发团队，正在开发一种多功能激光加工头和机器人技术，用于灵活并经济地生产金属板零部件。

来自德国 Laserfat 公司的组合加工头，能将切割和焊接功能集成在一起，还可以通过增材制造的方式生成

各种结构。目前，该团队正致力于优化这个组合加工头，使其能够在生产现场工厂中快速执行切割、焊接和增材制造这三种工艺，而无需更换光学器件或喷嘴。

该项目还致力于开发智能设计和仿真软件，实现优化的工艺链。通过 Digital Twin 软件，可以对要生产的机器、加工过程和零部件进行成像，从而可以识别并改进流程链的关键图形。

利用高度灵活的 MultiPROmobil 工艺链，可以数字化地显示新的车辆部件，然后测试和评估开发的技术。在实际的工业环境中，掌握所有这三种加工过程的机器人，将用激光制造出

半仿生车辆结构。作为第一个应用实例，对电动汽车的三角控制臂进行优化设计和切割，然后在多功能激光机器人单元中，采用附加结构进行焊接和加固，整个过程无需更换任何工具。

该团队预测，这种组合加工头可以大幅提高工程效率，启动时间大约可减少 30%。此外，他们还希望将产品的单位成本和资源消耗减少至少 20%。

目前采用该组合激光加工头的技术已经在工业上得到应用，例如，在钢铁行业的涂层和检测线中切割和焊接带钢端头，以及生产高精度的金属配件。□



到 2024 年， 激光打标市场规模将达到 30 亿美元

文/ MarketsandMarkets

根据市场研究公司 marketsandmarkets 的最新报告——全球激光打标市场预测，到 2024 年，全球总体激光打标市场将从 2018 年的 21 亿美元增长到 2024 年的 30 亿美元，复合年增长率为 6.0%。驱动全球激光打标市场增长的关键因素，一方面在于有越来越多的来自各行各业的终端用户开始采用激光打标，另一方面也是因为激光打标较传统的材料标记技术拥有更加强大的性能优势。

光纤激光打标机将占据重要市场份额

在预测期内，光纤激光打标机将在打标机市场中占据最大的市场份额。高输出功率、灵活的光纤输出光、紧凑的外观尺寸和较高的光学质量等特性，都促进了光纤激光器应用的发展。光纤激光器使用掺杂光纤作为有源增益介质，能够提供多种功率模式（连续波或调制模式），适用于军事、医疗、半导体和电子以及科研领域的激光打标和雕刻应用。

包装行业的激光打标应用将以最高复合年增长率增长

在预测期内，包装行业的终端用户对激光打标应用的需求，将以最高的复合年增长率增长。

大多数包装公司必须在产品上标记出很多不同的信息，如有效日期、批次和序列号，作为附着在产品上的标签。激光打标非常适合在生产过程结束时进行打标，而且这种打标方式适用于多种材料，包括硬纸板、纸张和聚合物等。激光打标是一个非接触过程，这个过程对产品包装不施加任何机械应力。以上这些因素综合在一起，是促进激光打标机在包装行业获得最高增长率的主要动力。

硬件产品占据激光打标市场的最大份额

从提供的产品和服务来看，2018 年，用于激光打标的硬件产品占据了激光打标市场的最大份额。这主要是因为市场对各种类型的激光打标系统的硬件要求较高。激光器、控制器、滤光器、旋转器件、振镜和电源，是激光打标机和雕刻机的基本硬件组成部分。

机床终端用户主导激光打标市场

按照终端用户来分，在预测期内，机床用户将占据激光打标市场的最大份额。从市场规模来看，这一细分市场的领先地位可归因于激光打标能提供永久的字母、数字细节标记能力，所标记的信息包括产品和品牌名称、批号、制造商代码、一维和二维条码、商标、设计、制造商代码、制造日期等与产品相关的详细信息。

激光打标市场在全球其他国家（RoW）以最高的复合年增长率增长

在预测期内，全球其他国家（RoW）的激光打标市场将以最高的复合年增长率增长。RoW 包括中东、非洲和南美，这些地域对激光打标市场的增长贡献着巨大的潜力。

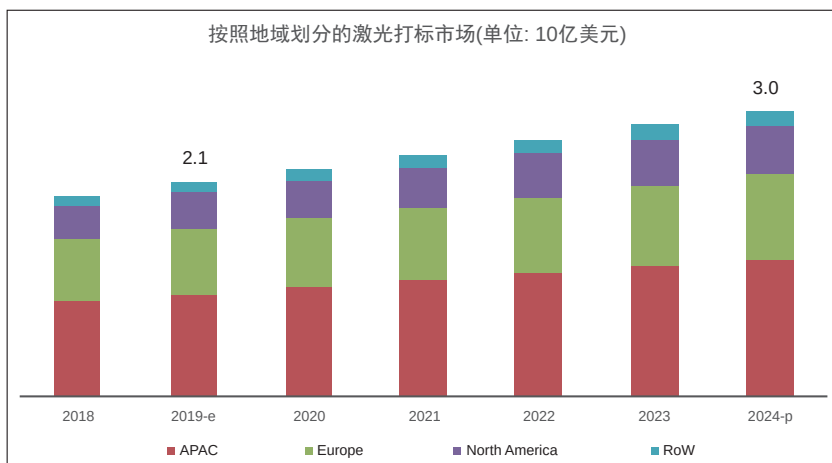


图1：按照地域划分的激光打标市场。

中东和非洲的工业制造业、航空航天和国防领域正在经历着重大发展，预计这些领域将对激光打标有着日益增长的需求。电动汽车在中东地区使用量的增加，将推动汽车产业在该地区的发展，而汽车产业的发展反过来必将带动对激光打标的需求。与其他地区相比，南美尚处于经济发展的早期阶段，因此这个地域市场将有望为激光打标应用提供良好的增长机会。

亚太地区激光打标市场将显著增长

在预测期内，亚太地区将有望在激光打标市场中占据最大的市场份额。中国、印度、韩国和日本将是亚太地区激光打标市场增长的主要贡献者。与其他地区相比，亚太地区在激光打标产品和解决方案的采用方面一直处于领先水平。该地区人口众多，研发投入不断增加，制造业和电子行业不断增长，预计这些因素将综合推动激光打标市场的增长。

主要市场参与者

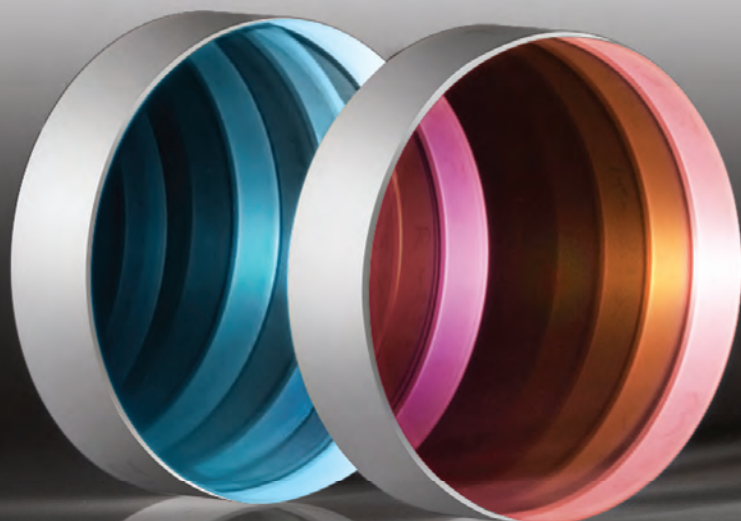
激光打标市场中的主要参与厂商包括相干公司（美

国）、大族激光（中国）、通快（德国）、Gravotech（法国）、Jenoptik（美国）、Epilog Laser（美国）、600 Group（英国）、Mecco（美国）、Laserstar（美国）和 Novanta（美国）。

这些主流的市场参与者，通常采用产品发布、商业并购以及增加投资等行为，作为增强其市场地位的关键业务战略的一部分。下面简要列出了这些主流市场参与者在最近几年的发展情况：

- 2016 年 2 月，相干公司在其 Avia 激光系列中增加了绿光纳秒激光器，其能在 532nm 波长提供 65W 的平均功率，可用于打标、切割、划线和钻孔。
- 2016 年 4 月，Gravotech 推出了其雕刻软件 GravoStyle 的最新版本，这是一款管理软件，适用于激光和机械雕刻机。该软件支持 Laserstyle 接口，可用于 3D 雕刻。
- 2018 年 1 月，Jenoptik 在美国硅谷开设了一个应用中心，充分发挥其在美国市场的增长优势。
- 2018 年 5 月，通快向其中国子公司 JFY 及其中国分部投资约 2700 万美元，以扩大其生产能力。□

光学引领未来



新品

高斯反射镜

- 支持激光腔内基本模式的反射
- 中央 4mm 孔径的高斯反射率轮廓
- 中心反射率从 15% 提升至 35%



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

EO Edmund
optics | china

欲了解更多信息，请点击此处：

www.edmundoptics.cn/079-8611

到 2023 年， 光子学市场规模将达到 7804 亿美元

文/ MarketsandMarkets

市场研究公司 MarketsandMarkets 的一份最新报告预计，到 2023 年，全球光子学市场的规模将从 2017 年的 5200 亿美元增长到 2023 年的 7804 亿美元，复合年增长率为 7.0%。

该报告显示，全球光子学市场的增长，主要是受到显示器、信息和通信技术、光伏、医疗技术和生命科学、测量和自动化视觉、照明和生产技术等领域的用户需求增长的驱动。由于数字化、智能基础设施的发展和智能制造的采用，对采用先进技术产品的需求不断增长，从而推动了市场的发展。

2018-2023年间，媒体、广播和电信应用市场将引领光子学市场

从行业应用市场来看，媒体、广播和电信市场在 2016 年占据了光子学市场的最大份额，预计这一趋势将在预测期内继续。终端用户对光子学的应用，主要用于通信、数据存储和数据共享。光子学产品的使用，大大提高了互联网的速度和语音通话的质量。数字化程度的提高是推动光子学在这一领域发展的关键因素。

2018-2023年间，激光器、探测器、传感器和成像产品市场将以最高的复合年增长率增长

从产品类型层面来看，预计在 2018-2023 年间，激光器、探测器、传感器和成像产品市场将以最高的复合年增长率增长。预期的高增长，主要归因于市场要求这些产品提供更高的操作效率、高灵敏度、精确测量和高质量成像的需求日益增加。智能制造技术的采用，是推动这一细分领域产品需求增长的关键因素。

在预测期内，信息通信技术将成为最大的行业应用市场

从应用层面来看，信息通信技术在光子学市场中占据最大的市场份额，在预测期内，这一趋势将继续。

信息与通信技术领域的光子学产品市场，是由数据使用量的增加和越来越多的互联网用户推动的。信息和通信技术领域的技术进步，如数字化、开放互联网倡议和高速光纤互联网连接，都有望推动光子学市场的发展。此外，像 5G 公私伙伴关系 (PPP)、Horizon 2020 欧盟研究与创新计划下的一些项目，也将有望推动光子学在信息与通信技术市场的发展。

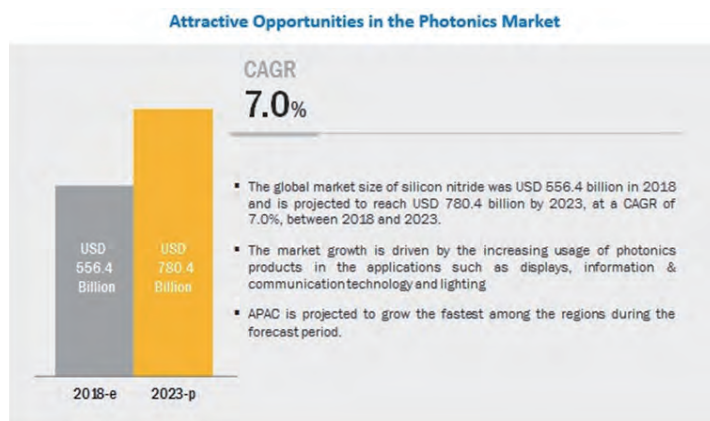


图1：到2023年，全球光子学市场的规模将增长到7804亿美元，复合年增长率为7.0%。

在预测期内，消费电子产品和设备将成为光子学市场中增长最快的产品类型

消费电子产品包括全息照相、手表、扫描仪、光学计算机设备（如光学鼠标）和可穿戴设备。由于这些产品的性能优于其他替代产品，因此市场对这些产品的需求迅速增加。这些产品通常集成到其他系统中，用于持续监控和高效数据传输。例如，可穿戴的手表用于有效地监控个人情况。预计这些设备的采用会不断增多，这将推动光子学产品在该细分市场的发展。

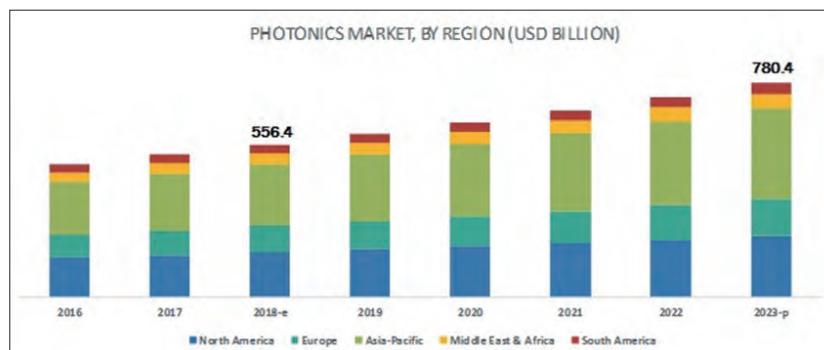


图2: 按照地域划分的光子学市场的发展情况。

2018-2023年间，亚太光子学市场将以最高的复合年增长率增长

从地域层面来看，在预测期内，亚太地区将是全球增长最快的光子学市场，其背后的驱动力主要来自显示器、照明和信息通信技术等应用领域对光子学产品越来越多的采用。此外，预计政府在制造业数字化和工艺改进方面的支出增加，也将推动该地区光子学市场的增长。

亚太地区也是最大的光子学市场，预计这种趋势将持续到2023年。2017年，中国是该地区最大的市场，其次是日本、韩国和印度。消费电子、零售、金融服务和保险业（BFSI）、医疗保健、交通运输和体育娱乐行业，预计都将对亚太地区光子学市场的增长做出重大贡献。

这些行业为光子学市场提供了巨大的潜力，因为消费者越来越意识到这一点，并且各个行业越来越多地采用电子设备，特别是在中国、印度和韩国等国家。亚太地区日益增多的建筑活动，也对该地区光子学市场的增长发挥了

重要的推动作用。

主要玩家

本次光子学市场研究报告中涉及的主要公司包括: Signify (荷兰)、肖特 (德国)、尼康 (日本)、Shin-Etsu Chemical Company (日本)、HOYA (日本)、康宁 (美国)、Asahi Glass (日本)、II-VI 公司 (美国)、OHARA (日本) 和 American Elements (美国)。

这些公司主要通过不断推出新产品以及收购等行为，来提升其在市场中的竞争力，赢得更多客户基础。例如，肖特正在利用其强大的研发能力，通过频繁推出新产品，来扩大其在光子学市场中的影响力。该公司在关注北美和欧洲等成熟市场的同时，也在密切关注亚太地区和南美新兴经济体中的增长机会。目前，肖特的大部分收入依然有赖于欧洲市场，未来将加大对亚太地区和南美市场的开发力度，拓展市场覆盖范围。

其他公司也在近期内有大大小小的发展举措。2018年12月，尼康对 Velodyne LiDAR 公司投资 2500 万美元，前者是一家专注于生产激光雷达传感器的公司。两家公司在技术和生产方面开展深度合作，以期寻找新的商业机会。同样是在 2018 年 12 月，II-VI 公司加大了金刚石窗口的生产能力。II-VI 是通快的高功率 CO₂ 激光系统（该系统能够实现 EUV 光刻）所使用的高性能 CVD 金刚石窗口的战略供应商，II-VI 产能的扩张使得通快能够满足市场对其高功率 CO₂ 激光系统不断增长的需求。□

Toptica Photonics 在上海和北京设办事处服务中国市场

Toptica Photonics 宣布成立 Toptica Photonics (中国) 有限公司，总部设在上海，并在北京设分公司，以便更好地为中国客户提供 Toptica 的全系列激光技术和更贴近客户的销售、服务和应用支持。

Toptica Photonics (中国) 董事会主席兼总经理 Juergen Stuhler 博士表示：“通过我们的本地公司向中国客户直接提供广泛的 Toptica 激光产品，将有助于扩大我们的中国客户群，推广我们的品牌知名度。中国公司的成立，将在未来几年推动整个公司的可持续发展。我们现在可以为中国客户提供皮秒和飞秒种子源的直接销售和服务，还

将在量子技术、可调谐和单频二极管激光器、频率梳、波长计、用于激光光学显微镜的光引擎以及用于工业计量和安全应用的太赫兹系统等领域，为客户提供支持和产品供应。”

“创新应用所需的最先进激光系统只能用尖端技术创造。认识到中国对这些尖端技术的需要，我们在德国的研究实验室和生产线中非常重视产品开发和最高标准。”经理人 Jason Fu 说，“我们训练有素、经验丰富的中国团队由十几名激光和光学专家组成。我们非常了解中国的工业和科研市场需求，并为满足这些市场需求做好了准备。”□

激光微加工

超快激光器在医疗器械制造领域大显身手

文/Rajesh S. Patel, NKT Photonics

新的药品、医疗程序和微加工技术持续推动医疗器械市场的增长。2018年至2023年间，医疗器械市场的复合年增长率为4.5%，预计四年后该市场的规模将增长至近4100亿美元。^[1]

三十多年前，研究人员就证实有几种基于激光的加工技术非常适合医疗器械制造（MDM），这些技术包括精密焊接、切割和打标。^[2]自20世纪80年代以来，激光加工的精度、控制和自动化水平逐渐提升，几种激光加工技术已经扩展至批量MDM操作。尤其是低成本、坚固的超短脉冲（也称为超快）激光器的出现，使得一些器械的制造成为可能，同时也降低了其他器械的整体制造成本。

使用激光微加工制造的最常见的医疗器械，主要用于手术控制、心血管和骨科干预、药物输送，以及一般的医疗或实验室用途。在这些器械中，心血管和药物输送器械是激光加工技术的早期采纳者。

自从激光加工可以用于医疗器械制造，金属、玻璃和聚合物等材料的精细激光焊接、打标、钻孔和切割，就已经在各种医疗器械和仪器的制造领域得到应用，例如创建片上实验室特征和深色打标的 stainless 钢（见图1）。

从机械或化学加工到激光加工的变革，主要受到“对高产量、低成本实现微小精细特征的需求”所驱动。在21世纪，激光微加工已经被证明

可以简化整个制造过程，特别是省去了后处理工序，并降低了复杂微型器械（例如支架）的总体制造成本。

支架： 产品演化和激光加工创新

自1986年推出以来，支架已经改变了冠心病的治疗方法。到1999年，基于支架的手术在所有经皮冠状动脉介入治疗（PCI）中已经占到84%。^[3]尽管取得了这一成功，但在20世纪90年代，采用裸金属支架的PCI表现出显著的再狭窄率（再次缩小堵塞的血管）。这促进了密集的药物洗脱支架（DES）研发活动，并于2003年推出。

激光切割几乎从一开始就用于冠状动脉支架的制造。早期的支架由不锈钢制成，尺寸相对较大，特征公差约 $\pm 25\mu\text{m}$ 甚至更大。^[4]基于纳秒脉冲红外（IR）激光器的激光切割，能够很容易地满足这种加工精度要求。然而，由于纳秒激光消融的热性质，切边质量是一个问题，需要昂贵的清洁、去毛刺、刻蚀和最终抛光等一系列过程，以使支架的边缘质量达到可植入器械的要求。

21世纪初期，基于支架的手术开始应用于更小的外周血管，这推动了采用具有更小、更复杂支架特征，以及壁更薄和直径更小的管子。在这个时代，支架的材料也发生了变化。从不锈钢到镍钛、再到钴铬合金等高

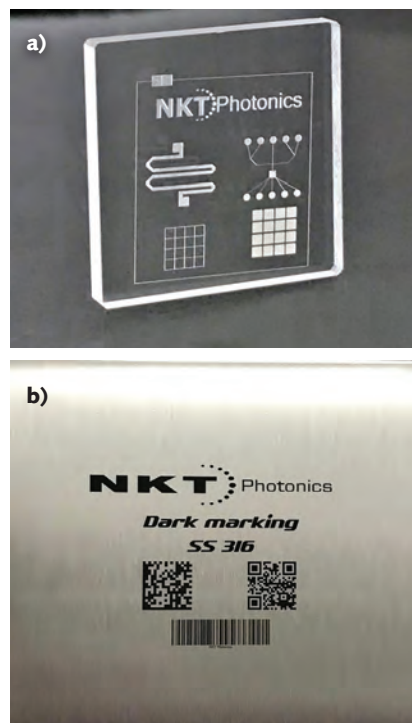


图1：用于片上实验室器件的已打标和雕刻的玻璃（a）和标有永久性、高对比度、高分辨率图形的不锈钢（b），均使用Origami超短脉冲激光器加工而成。

强度高温合金，伴随着更具挑战性的精细特征要求，以及避免加工热影响的需求，所有这些因素都在推动着制造商探索使用超短脉冲（USP）激光器加工支架。

药物洗脱和后来的生物可吸收支架技术，进一步推动了 USP 激光技术的采用。对于 DES，金属支架涂覆了注入药物的聚合物，以抑制导致再狭窄的细胞生长。不幸的是，聚合物层的激光切割热影响区（HAZ）无法避免，这点是不可接受的，这就促进了冷消融 USP 激光技术的采用（见

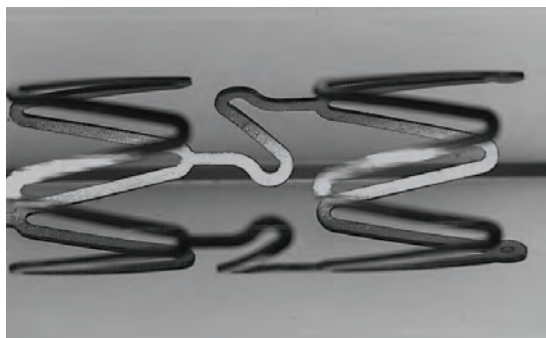


图2: 没有毛刺和热效应的镍钛合金支架，采用Origami超短脉冲光纤激光器加工而成。

图2)。

第三代生物可吸收支架 (BRS) 技术，进一步加速了 USP 激光加工在支架制造中的应用。在 21 世纪第一个 10 年的后期，DES 插入一年多以后，内部形成血栓概率增加的问题，推动采用由生物可降解聚合物制成的、可以逐渐溶解在体内的支架。

进入 21 世纪的第二个 10 年后，支架技术的下一个进步是采用聚合物平台结合可逐渐降解的药物注入涂层，取代金属支架。然而，与金属支架相比，聚合物支架具有局限性，包括由于支架杆较厚而导致的植入问题，以及如果支架用于 2.5mm 甚至更小的冠状血管中，效果不理想的问题。目前的研发重点是将支架杆尺寸从 150 μm 减小到 99 μm ，甚至 80 μm 。^[5] 如果改善 BRS 技术的努力取得成果，激光微加工工艺将需要更高的精密性。

更短的脉冲，更好的微加工质量

在过去的几十年中，已经证实激光脉冲的持续时间对激光微加工效果有显著影响。当脉冲持续时间低于几十皮秒时，激光与材料之间的相互作用将进入“冷”或“无热”的消融状态，能够显著提高加工质量。

尽管超快激光与材料相互作用的

物理学优势非常明显，但是直到最近，经典的钛宝石晶体增益介质的强大替代品出现后，人们才看到 USP 激光器的商业可行性。光纤激光技术是高功率、高重复频率、可靠的工业 USP 激光器及其在微加工中应用的关键。

光纤激光器：一项关键技术

20 世纪 90 年代末，通信行业的蓬勃发展为光纤质量、一致性和使用

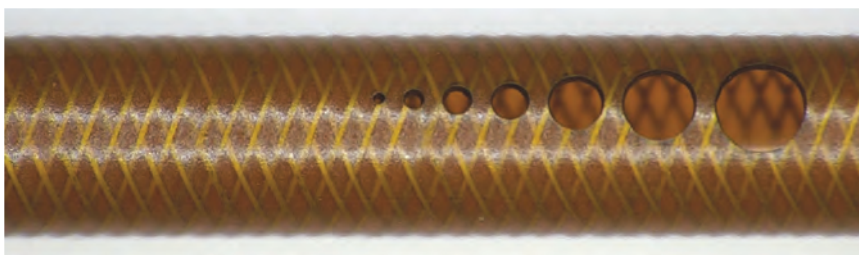


图3: 超短脉冲 (USP) 光纤激光在金属/聚合物层状材料构建的导管上钻孔。

寿命的显著提升铺平了道路。在过去的 20 年中，相应的性能提升、众多光学元件价格的降低，以及更好的制造技术，使得光纤激光光源的稳定性、紧凑性、坚固性和质量取得了突破性进展。

对环境波动的容忍度、交钥匙工程和高可靠性，大大降低了光纤激光器的整体拥有成本。^[6] 掺杂光纤的高转换效率和固有的坚固性，使得能够设计出相对便宜、紧凑且坚固、并适合工业环境的亚皮秒脉冲激光器。^[7]

大芯径增益介质的商业可用性，用于高效率激光二极管泵浦实现功率调节、同时保持单模激光输出的双包层光纤的发展，以及光子晶体光纤的出现，都为光纤参数提供了更大的灵活性。

目前，飞秒脉冲光纤激光器的功

率正在达到千瓦级，具有更高的重复频率，脉冲能量数十微焦耳，极大地扩展了材料加工能力，同时又保留了基于光纤技术的基本可靠性和性能。

在医疗器械制造领域，USP 激光器的进步很快获得应用。两层聚合物和中间编织金属层的三明治结构精细导管，可以使用超短脉冲激光实现零热影响区、没有毛刺或材料再沉积的微机械加工 (见图 3)。

在最近的一项研究中，爱尔兰激光微加工设备公司 Blueacre Technology 对比了纳秒激光和 NKT

Photonics 公司的 Origami 飞秒激光在尼龙管中钻孔的效果。^[8] 飞秒激光能够钻出圆孔，可重复性达 $\pm 3.5\mu\text{m}$ ，并且对块状尼龙材料的热影响最小；

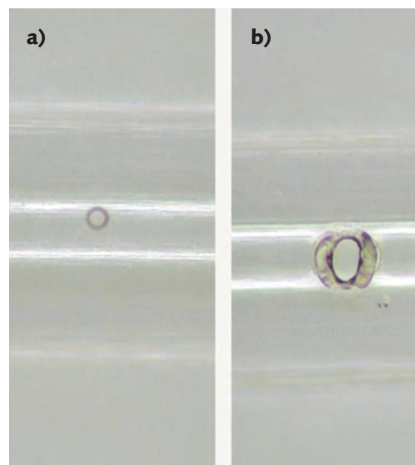


图4: 采用飞秒激光 (a) 和纳秒激光 (b) 在尼龙导管中钻孔的对比图，两种情况下标称聚焦光斑尺寸均为 25 μm ；纳秒激光产生尺寸更大、且有大量熔化区域的非圆形孔，而飞秒激光 (测得的可重复性为 $\pm 3.5\mu\text{m}$) 明显具有更好的加工效果。

而纳秒激光的加工结果表现出熔化迹象, 导致具有凸起唇缘的不均匀孔形状 (见图 4)。

推动精密谐振腔工程

光纤技术的进步, 并不是 USP 激光设计中唯一影响创建稳定激光微加工平台的重要因素; 激光腔工程的创新也发挥了不容忽视的作用。NKT Photonics 公司的工业 Origami 激光器, 通过其 OptoCAGE 技术解决了光学对准稳定性的问题。

OptoCAGE 谐振腔的设计由 NKT Photonics 公司开发, 采用定制级铝制块状材料精密加工而成, 提供最大的机械稳定性和热稳定性。在块状材料中加工特征来支撑谐振腔的设计, 为每个光学元件精确地设置角度和表面。设计中增加了热桥或其他类似的功能以优化热管理, 光学元件直接粘合到精密加工的表面上, 不需要机械安装 (见图 5)。

由于不需要对准或调整镜片, 也不需要机械安装光学元件, OptoCAGE 可以消除任何随着时间的推移而可能发生的蠕变或偏移。精密加工的表面和高热稳定性可以产生稳定、可靠的激光, 具有非常好的光束质量、一流的光束指向稳定性、低脉冲噪声, 以及更低的环境温度波动敏感性 (见图 6)。光束指向稳定性温度系数标称为 $5\mu\text{rad}/^\circ\text{C}$, 与其他同类 USP 激光器的典型性能 (约为 $20\sim 30\mu\text{rad}/^\circ\text{C}$) 相比有一定优势。

综合应用: 系统级视角

激光的这些优点如何转化为工件的优势? 考虑一个典型的激光微加工光学元件系列, 将 2mm 直径的红外激光束扩展到 15mm, 然后使用焦距

为 100mm 的镜头进行聚焦。在工件上产生的聚焦光斑尺寸约为 $10\mu\text{m}$ 。

在典型的、中等复杂的高容量医疗器械制造中, 预计几个生产批次过

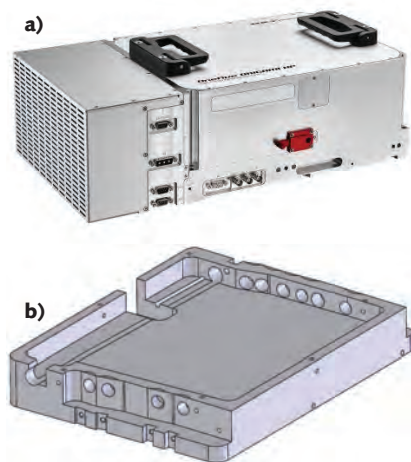


图5: Origami XP激光器 (a) 和单片谐振腔模块的模型 (b), 展示了一些已加工的光学安装特征。

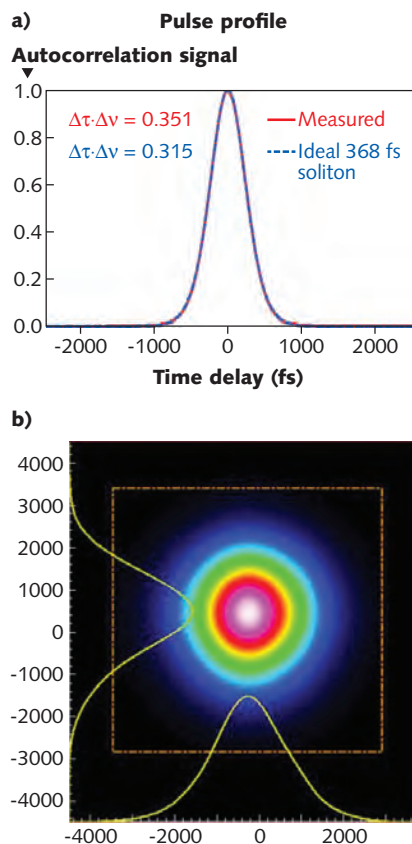


图6: Origami 360 fs XP激光器在给定 M^2 下, 近乎理想孤子的360fs脉冲轮廓 (a) 和典型光束形状 (b)。

程的温度波动为 $\pm 1.0\sim 1.5^\circ\text{C}$ 。比如总温度偏移为 2°C , $5\mu\text{rad}/^\circ\text{C}$ 的激光束在焦平面上的潜在光束位置偏移将为 $0.14\mu\text{m}$, 而 $25\mu\text{rad}/^\circ\text{C}$ 的激光束的位置偏移将为 $0.66\mu\text{m}$ 。尽管两个值对聚焦光斑尺寸而言都非常小, 但是光束位置精度是整个工艺可变性的一个组成部分, 这可能导致精细结构 (例如精细支架杆) 的产品几何形状不一致。

使用标称 $25\mu\text{m}$ 光斑的飞秒激光消融, 显示特征尺寸重复性为 $\pm 3.5\mu\text{m}$, 将光斑缩小至 $10\mu\text{m}$ 时, 孔尺寸或切口宽度的固有工艺可变性为约 $1.4\mu\text{m}$ (见图 4)。使用相同的聚焦光学元件, 典型的 USP 飞秒激光器将产生更大 (47%) 的尺度变化, 来源于指向稳定性所代表的光束漂移, 然而, Origami 能将该值降低至约 10%。

展望未来

自灯泵 Nd : YAG 激光器时代以来, 精密医疗器械的激光微加工技术已经获得了长足的进展。随着医疗器械特征尺寸的缩小和新材料的推出, 超短脉冲消融所提供的加工质量和控制已成为必需品, 而不是奢侈品。考虑特定激光器的光束稳定性和可重复性特征仍然是很重要的。

理想情况下, 医疗器械制造商、激光器供应商和制造设备集成商, 在器械设计周期的早期确定特定制造过程的控制要求至关重要。USP 光纤激光器的不断进步, 也将相应地不仅关注平均功率、脉冲能量和光束质量等常见指标, 而且关注光束指向稳定性等更细微的指标。□

参考文献

详见网络版。

工业激光应用

INDUSTRIAL LASER APPLICATIONS • CHINA

《Industrial Laser Solutions 工业激光解决方案英文杂志》的中文版

由Endeavor Business Media (原 PennWell 公司) 授权出版

首刊

(重新发行)

2019年9月

内容预告

- 电动车为光纤激光器提供新机会
- 数字化助力激光远程焊接
- 增材制造

免费索阅



样刊 2019年6月出版

内容预告

- 电动车为光纤激光器提供了机会
- 数字化使激光远距离焊接增益
- 燃气轮机零部件增材制造现状

欢迎登记
免费参会



LaserFocusCon • 6月21日 • 苏州 • 免费派发



激光焊接

创新型激光焊接方案推动电动汽车生产

文/相干公司

相较于汽油和柴油动力汽车，电动汽车技术的发展仍处于初期阶段（例如在性能和范围方面）。因此，电动汽车在技术方面显得更加灵活多变，并且往往集中在基础组件级别。这意味着金属和金属元件的应用正发生翻天覆地的变化，有时甚至需要挑战材料的极限。与此同时，汽车制造商和低层供应商只愿意采用具备可扩展性和较高成本效益的制造技术。综合上述各种原因，激光技术因具有非接触、无磨损、加工一致性高、速度快等特点，因此成为焊接、切割、硬化、烧蚀和其他应用中的首选技术。

然而，传统激光工艺往往无法满

足生产先进功能组件的需求。在本文将探讨专门面向电动汽车零部件的两项激光焊接技术创新，其中均应用了相干公司面向光纤激光焊接应用推出的全新 CleanWeld 技术。

铝制电池盖板焊接

在电动汽车所用的锂电池生产中，其中一个关键步骤是焊接电池外壳。此焊接过程形成的气密封口必须能保证在部件的使用过程不出问题。尤为重要的一点是，锂电池需要此密封来阻隔水分渗入，以防止水会与锂元素发生剧烈反应，致使产生的气体和压力毁坏设备。此外，还要求焊接工艺本身不能产生任何飞溅，因为金属颗粒

（以及水分）会造成内部漏电流，致使电池短路。最后，焊缝必须具有足够高的机械强度，能耐受住粗暴处理，甚至要能够经受住碰撞的冲击。

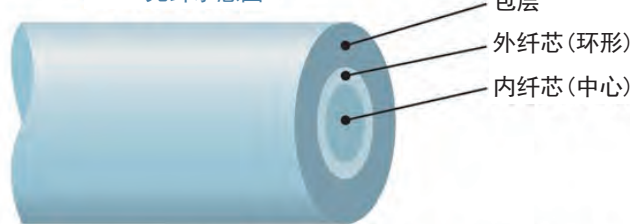
在传统工艺中，由于电池壁很薄（<1mm），这种铝电池壳体的密封是使用激光传导焊接实现的。然而，传导焊接的穿透力不足，焊接的孔隙率较高且强度也不够，无法阻隔水分渗入。但是，使用更高的激光功率实现更深穿透（匙孔）的焊接有产生气孔的风险，会导致焊接强度不够，并且总是会存在一定程度的飞溅。

相干公司的大量研发工作证明，通过改变聚焦激光光斑在工件上的强度分布，使之明显偏离传统的单峰高斯分布，即可实现高速且无飞溅的金属深加工解决方案。具体来说，这项研发工作表明，如果采用环绕在另一个激光同心环中、由中心高斯分布点构成的光束，可以取得理想效果。

使用相干公司 HighLight 系列的可调节环形光斑模式光纤激光器（FL-ARM），可让聚焦光纤激光光斑实现这种特殊配置。该激光器的传输光纤强化了传统的圆形纤芯，外覆另一层环形截面的光纤纤芯。

HighLight FL-ARM 可调节环形光斑模式光纤激光器可提供 2.5~10kW 的输出功率。可根据需要

ARM 光纤示意图



FL-ARM 激光光束可实现的基本功率模式



图 1：简化的 ARM 光纤示意图以及聚焦激光光斑中可能出现的基本功率模式。

单独调节中心和环形的功率，调节范围从 1%~100%。纤芯和环形光束甚至可以独立调节，重复频率高达 5kHz。

在这种布局中，内部光束与外部光束二者间的功率比实际上有无限种可能的组合。然而，所有这些组合大致上均可分组为图 1 中所示的配置。这些基本模式可以变化调整来提供广泛的工艺特性，从而以最优方式满足各种应用需求。

光纤激光器焊接铝材时，挑战之一在于材料对近红外光的吸收率相对较低。吸收率可能存在不可预知的较小的变化，这也会导致穿透深度发生变化，进而造成焊接不均匀。

为了解决这个问题，以及优化控制铝电池壳体匙孔焊接，FL-ARM 可调节环形光斑模式光纤激光器光束的中心和环形部分的光束功率均可配置。通过使用这种特殊的功率配置方法，光束前缘能够充分提高铝材温度，进而提高相应激光波长下的吸收率。此外，光束中心部分会形成匙孔，而由于经过预热，匙孔相当稳定。环形光束的后缘让熔池可以在足够长的时间内保持开放，使气体逸出。由于匙孔较为稳定，材料不会迅速重新凝固，因此整个加工过程更加一致，工艺区间也更大。最终得到均匀一致的材料穿透，以及低飞溅、低孔隙率的更高质量的焊接。

“铜制发卡绕组”焊接

将杆式铜制发卡绕组焊接到电机定子中，是生产汽车电动马达的一个重要步骤。铜制发卡绕组（形状为 U 型，因此被称为“铜制发卡绕组”）代替传统电机中使用的线绕绕组。由于比金属丝硬得多，因此可以更精确



图 2：未焊接的铜制定子。

地控制铜质发卡绕组在电机中的方向，最终实现更大的热应力和更高的电机效率。

在组装过程中，首先会将各个铜制发卡绕组装载到定子槽中。然后，将相邻铜制发卡绕组的末端焊接在一起，实现电路连接；焊接整个电机后，像传统电机的绕组一样，所有发卡将形成一条较长的绞合导线。

这个过程的两个关键点是焊接必须保持铜制发卡绕组的机械定位精准，并且没有任何杂质和颗粒物。铜制发卡绕组对齐非常重要，因为绕组形状准确将直接影响电机效率。如果存在瑕疵，绕组成品的阻力就会增大，这不仅会降低电效率，还可能会降低组件的机械强度。

相干公司研发了一种使用光纤激光器进行铜制发卡绕组焊接的工艺，以进一步改善加工效果。基于标准 HighLight™ 系列光纤激光器的工艺，其第一个关键因素就是“光束摆动”的使用。尤其是在这种情况下，可以有意缩小工件表面上聚焦光束的大小，使其小于焊接区域的总面积。但是，整个区域可以通过快速扫描（摆动）光斑的位置进行覆盖。

正如 FL-ARM 可调节环形光斑模式光纤激光器，光束摆动的优势就是可以更精确地控制熔池的温度动态。具体而言，通过让光束反复快速

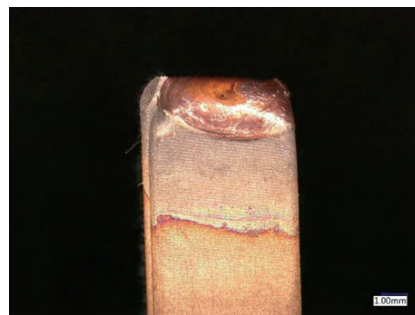


图 3：焊接后的铜制发卡绕组。

地在工件上移动而不做停留，基本上能够以高度可控的方式（而不是一次输出所有功率）对工件实施预加热，在提高光束效率的同时也不会减少有效功率。与传统激光器焊接方法相比，FL-ARM 可调节环形光斑模式光纤激光器有助于稳定熔池、减少飞溅、避免瑕疵并降低焊接孔隙率。

相干公司还可提供改善激光焊接铜制发卡绕组加工效果的相关工具，例如激光焊接子系统（包含可视系统）来控制聚焦激光光束和铜质发卡绕组的位置。

总结

总之，研发和操作成功的激生产流程涉及研究参数、设置和技术组合，只有这样，才能最终实现出色的焊接效果。CleanWeld 净焊技术将相干公司在多个不同技术领域的专业知识（包括光纤激光器、传输光纤、聚焦光学器件和加工头），以及广泛的焊接工艺知识和内部应用开发能力熔于一炉，由此优化了加工效果。CleanWeld 净焊技术实现精确管理激光器功率在特定情形中的应用方式，从而最大程度地提高了工艺的可控性和稳定性，确保始终保持一致的卓越加工效果。□

增材制造

针对轻量金属零件制造的增材制造工艺

文/Ahmed Maamoun

即将到来的工业革命，即工业 4.0，带来了先进制造的新时代。工业 4.0 由一些领域的当前发展提供支持，例如增材制造（也称为 3D 打印）、自主机器人、预测性维护和分析、软件集成和网络安全。金属的增材制造提供了各种解决方案，以减少当前的设计和制造限制，因此将改善零件性能和定制化。

选择性激光熔化（SLM）是金属增材制造的常用技术，它使用激光束根据 3D CAD 模型生成的切片，熔化每个粉末层。与减材制造（CNC 加工）相比，这种增材制造技术可以提供接近最终形状的物体，将对工件开发产生显著影响。

SLM 还可用于生产成型和压铸技术的有效工具。

使用 SLM 技术，有望使铝合金的增材制造实现灵活设计、高效生产和轻量型的零件。然而，扩大 SLM 应用的一些挑战，例如获得一致的材料特性、提高制造零件的质量以及降低其生产成本，都是活跃的研究问题。

最近，本文作者在博士研究期间，为提高采用 SLM 生产的零件的质量和降低生产成本做出了一些重要贡献。这项工作的重点是优化增材制造的铝部件的质量和成本，这些部件应用于某些关键应用，特别是用于高功率激光系统或宽视野太空望远镜的金属反射镜。

该研究的主要目标集中在减少或消除完工零件的缺陷，如微观结构不均匀、孔隙率和表面缺陷。这些目标是通过五项全面的研究实现的，随后还给出了一个典型 TMA 望远镜的反射镜的案例研究。

具备成本效益的再利用粉末

根据 ASTM F3049-14 标准，对新鲜和再利用铝合金（AlSi10Mg）粉末的完整表征，显示了使用 SLM 技术，将其重新用作具有成本效益的增材制造工艺的一部分的可能性。^[1]

在提供适当的回收程序后，再利用粉末已重复用于

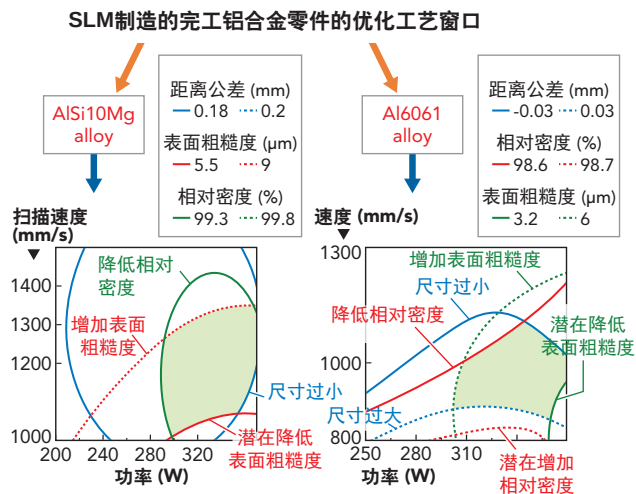


图1: SLM工艺参数对完工的AlSi10Mg零件质量的影响。

18个之前的构建。粉末表征结果显示，新鲜粉末和再循环粉末之间具有相似的性质，并且使用再利用粉末制造的零件的质量没有损失。值得注意的是，该铝合金的喷射颗粒的尺寸超过 100μm，因此有助于在筛孔尺寸为 75μm 的筛分后排除这些颗粒。这项工作使每个构建过程的生产成本降低了数百美元。

产品质量的定制化

作者全面研究了 SLM 工艺参数对零件质量的影响。^[2,3] 建立工艺图，以优化所制造的完工铝部件的性能特征（见图 1）。

根据使用全析因技术的实验设计（DOE）分析，为 Al6061 和 AlSi10Mg 合金开发了工艺图。除了表征零件的微观结构和机械性能外，开发的工艺图还研究了沿着 SLM 工艺参数选定范围的相对密度、表面粗糙度和尺寸精度的行为。

结果发现，AlSi10Mg 是一种比 Al6061 合金与 SLM 工艺更兼容的铝合金，因为 AlSi10Mg 的热膨胀系数相对较低，可以防止裂纹形成和凝固后的零件收缩。使用 50J/

mm³ 的能量密度、370W 的激光功率、1300mm/s 的扫描速度和 30μm 的层厚, 能达到 99.7% 的最佳相对密度。

由于某些关键部件(例如航空航天应用中使用的部件)需要比完工的零件拥有更高的质量, 因此必须应用后处理以满足这些部件的设计要求。

使用再利用粉末制备的零件的热后处理

图 2 显示了对使用再利用 AISi10Mg 粉末制备的零件进行热后处理后的显微硬度图。在不同条件下研究了热后处理的影响, 包括退火、固溶热处理 (SHT) 和 T6 热处理 (T6HT)。结果显示, 在特定条件下微结构的均匀性得到显著改善, 并且具有对所需机械性能的各种选择。这些图有助于选择优化的热后处理参数, 从而满足设计要求。

喷丸改善

喷丸处理也应用于完工的零件, 作为冷加工工艺, 使用高压用球形珠子轰击零件表面。对完工的 AISi10Mg 零件表面进行喷丸处理, 可以消除表面缺陷、细化微结构、使表面硬化, 以及从样品表面向特定深度施加高压应力(见图 3)。^[4] 表面显

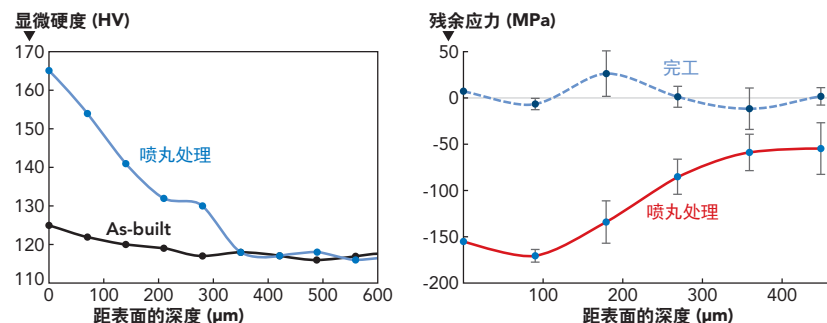
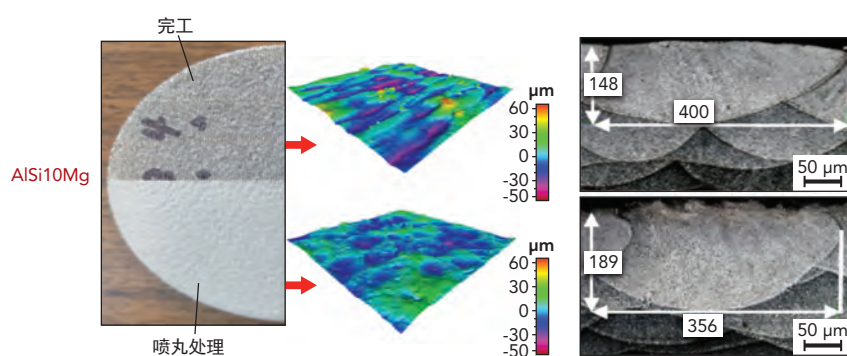


图3: 喷丸处理对增材制造的 AISi10Mg 零件的影响。

微硬度的增加, 从样品表面沿特定深度延伸至 500μm。沿着喷丸区域产生的压缩残余应力, 可以改善样品表面的机械性能和疲劳强度。

用于深度局部表面处理的摩擦搅拌处理

摩擦搅拌加工 (FSP) 被认为是一种强烈的塑性变形过程, 可以改变材料的性质。使用多个 FSP 工具道

次, 研究该方法在完工和热等静压 (HIPed) AISi10Mg 零件的较大表面积上进行局部处理。研究了 FSP 对部件微结构、硬度和残余应力的影响。^[5] FSP 将部件的微结构转变为等轴晶粒结构。在施加 ≥60% 的高工具道次重叠率后, 在加工表面上实现了一致的微结构均匀化。图 4 显示了微结构和硬度图, 以帮助选择最佳 FSP 参数, 获得最终加工零件所需要的质量。

值得注意的是, 研究中开发的工艺图可以帮助根据所需的质量, 定制零件特性, 以实现其设计要求。增材制造领域的研发部门正在进行的努力, 有望在完全克服完工缺陷方面取得更大的成就。之后, 增材制造可以提供满足设计和质量要求的合格零件。

增材制造减轻零件重量并提升性能

使用增材制造 (DFAM) 概念设

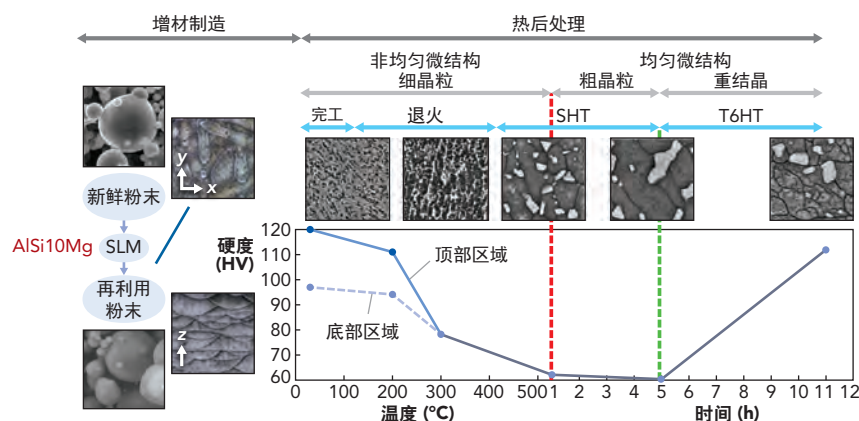


图2: AISi10Mg 样品热后处理的显微硬度图, 显示了由 SLM 制造的零件的横截面。

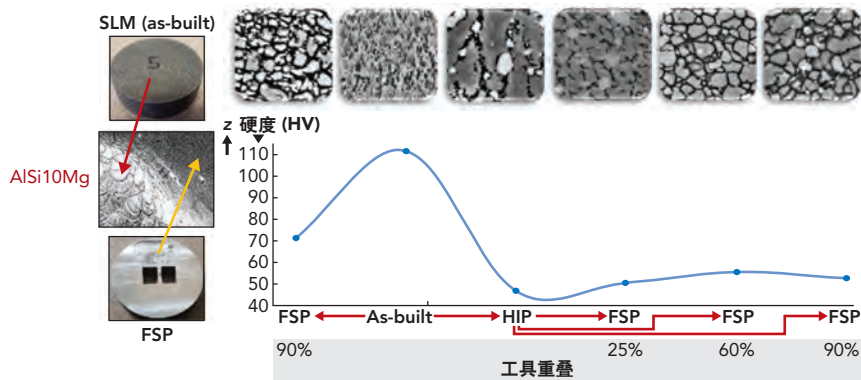


图4: 由SLM生产的AlSi10Mg零件的摩擦搅拌处理。

计开发了一种新颖的反射镜结构。与典型的镜面结构相比,这种设计实现了50%的减重。^[6]此外,由于镜面中嵌入的冷却通道,所开发的设计提供了镜面冷却性能的改进(见图5)。使用单点金刚石车削(SPDT)技术,增材制造的AlSi10Mg零件的超精密加工表面,能达到2nm的表面粗糙度。

通常,增材制造将提供有效、定制和高质量产品的具有成本效益的生产过程。使用增材制造和自动化系统,智能工厂4.0将为现有的生产限制提供许多解决方案。目前的成就无疑将带来不同领域,例如航空航天、汽车、生物医学、军事和其他领域的生产力

和各种应用的增长。

一旦基础技术问题得到解决,就将开启先进制造业的新时代。此时,传统的设计和生策策略将朝着更灵活、更高效和更智能的生产系统转变。

再利用铝粉末能够实现具有成本效益的轻量型金属零件的增材制造工艺。□

参考文献

1. A. H. Maamoun, M. Elbestawi, G. K. Dosbaeva, and S. C. Veldhuis, Addit. Manuf., 21, 234–247 (2018); <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.03.014>.
2. A. H. Maamoun, Y. F. Xue, M. A. Elbestawi, and S. C. Veldhuis, Materials, 11, 2343 (2018); <https://doi.org/10.3390/ma11122343>.

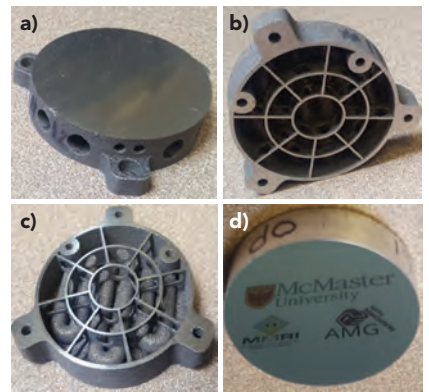


图5: 光学金属反射镜案例研究的结果,显示了典型的设计(a)、开发的设计(b, c)和机加工的镜面(d)。

3. A. H. Maamoun, Y. F. Xue, M. A. Elbestawi, and S. C. Veldhuis, Materials, 12, 12 (2019); <https://doi.org/10.3390/ma12010012>.
4. A. Maamoun, M. Elbestawi, and S. Veldhuis, J. Manuf. Mater. Process., 2, 40 (2018); <https://doi.org/10.3390/jmmp2030040>.
5. A. H. Maamoun, S. C. Veldhuis, and M. Elbestawi, J. Mater. Process. Technol., 263, 308–320 (2019); <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.08.030>.
6. A. H. Maamoun, “Selective laser melting and post-processing for lightweight metallic optical components,” Ph.D. Thesis, McMaster University (Jan. 2019); www.researchgate.net/profile/ahmed_maamoun5.

康宁采用超快激光纳米穿孔工艺进行3D玻璃切割

康宁公司增强了其纳米穿孔玻璃切割技术,以更好地适应3D切割应用。康宁激光技术公司(CLT)开发的新功能将帮助设计人员更好地应对全球各个行业中使用弯曲玻璃表面的趋势,包括消费类移动设备和汽车内饰。

新的纳米穿孔玻璃切割设计满足自由形状和3D切割方面的挑战,这是传统机械划线和断裂(MS & B)或研磨工艺难以实现的。

康宁的增强技术采用超短脉冲激光,通过局部穿孔而非材料烧蚀来实现切割玻璃。该技术可以在高加工速度和高精度下实现平滑、高质量的切割,这项技术可以成功应用在3D玻璃切割中。

为了实现垂直切割,康宁还开发了高速、高精度CLT 5轴光束传输系统。它结合了两个高速旋转轴和一个快速X、Y、Z运动系统。新系统

CLT 4 3D中加入了康宁广泛的玻璃切割平台,可以精确切割最大尺寸为1200mm×700mm×300mm的3D形状的玻璃。

CLT解决方案可实现自由形状的精确切割,能优化处理步骤,降低加工复杂性。纳米穿孔工艺能实现很高的切割边缘质量,几乎不需要后处理。这种新的切割工艺有助于实现零件设计的创新。

飞秒激光器：从诞生到工业应用

文/Sami Hendow, IMRA America

2018年诺贝尔物理学奖授予 Arthur Ashkin、Gérard Mourou 和 Donna Strickland，以表彰他们在激光物理学领域的突破性发明。特别是，Mourou 和 Strickland 因其产生高强度超短光脉冲的方法而获得诺贝尔奖。该方法通常称为啁啾脉冲放大（CPA；见图2）。该奖项不仅是为了表彰科学界对 CPA 革新性的承认，也是因为它对激光产业产生的影响。目前，CPA 是产生飞秒脉冲的主要手段。

业界对产生和使用越来越短、越来越强的激光脉冲的兴趣一直很高。然而，现实中也存在一种物理障碍，阻止这种脉冲在固态放大器和光纤中

被高度放大。随着脉冲的变短和峰值功率的增加，出现的光学非线性问题限制了在材料中传输的峰值光功率。由光学非线性效应引起的相干光散射降低了放大器的效率，并且导致其他不良后果。然而，更重要的是，强激光脉冲的高峰值功率，达到了放大器系统中元件的材料损伤阈值。

CPA 通过使用长的光纤或一对衍射光栅，在放大之前展宽激光脉冲来绕过这些限制（见图2）。在对展宽的脉冲进行放大之后（远低



图1：从一家大型汽车制造商的生产线上下来的汽车发动机活塞；该活塞已经过飞秒激光处理，以提升发动机性能。

于放大器元件的光学损伤阈值）排布了一个光栅对，使得脉冲长波部分的光程比短波部分的光程短，从而逆转早期的脉冲展宽。这一概念提供了一种产生高能量超快激光脉冲的方法，开辟了许多科学应用以及随后的工业应用。

背景

20世纪90年代早期，钛宝石（Ti:sapphire）激光器是研究市场的流行工具。其宽可调带宽、短脉冲和高能量，使得研究许多新颖的应用成为可能。多光子成像一直是受益于此能力的成功应用之一。

尽管取得了这些成就，但这种早期技术由于其规模和复杂性而未能商业上广泛部署。随着光通信的发展，基于光纤的飞秒激光技术得到了长足的改进，部分地克服了钛宝石激光器

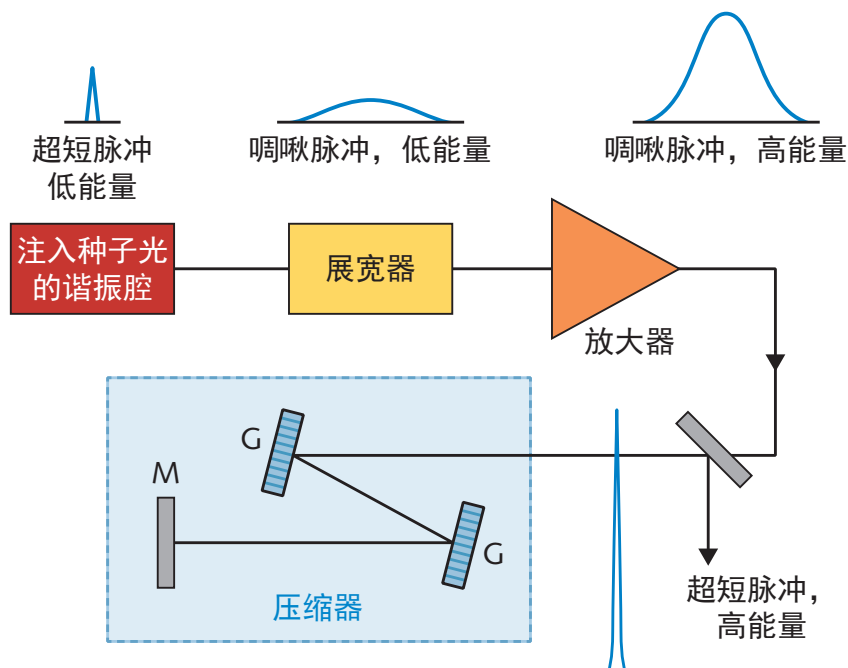


图2：Strickland和Mourou在1985年发表的CPA系统示意图。^[1]

的缺点；但由于仍然存在功率和脉冲能量低的问题，因此取得的成功是有限的。最后，CPA 技术与光纤激光器的发展相结合，实现了前所未有的市场应用和机会。

由于 CPA 的发明是公开的，许多学术和商业组织将这一概念运用于惊人的应用中，并且受益良多。1999 年，美国加州理工学院的 Ahmed Zewail 因使用飞秒光谱学研究化学反应的过渡态而获得了诺贝尔化学奖。

飞秒激光在非学术领域的首次大规模应用是在眼科领域。高强度飞秒脉冲，是在没有热损伤的情况下分离透明生物组织的理想工具。在用准分子激光器重塑角膜基质之前，通过飞秒激光产生角膜瓣，已经在视力矫正方面实现了商业化。

今天，全飞秒激光角膜视力矫正已成为可能。基于光纤的 CPA (FCPA) 已被证明是这种先进眼科应用的理想选择，因为它的可靠性支撑了光学性能。

21 世纪初期的经济放缓，为几项新技术的发展开辟了道路。其中最重要的是人们对高功率激光光源的兴趣，激发了对包层泵浦光纤放大器和高功率固态激光器的兴趣。这些发展的早期应用包括元件和仪器测试，以及国防相关应用的材料损伤分析。

材料加工

与此同时，在材料加工领域，皮秒脉冲激光器被认为是优于纳秒激光器的新工具。皮秒脉冲的使用减少了材料的热损伤，从而使激光能够更广泛地渗透到制造业领域，例如用于打标、钻孔和切割。

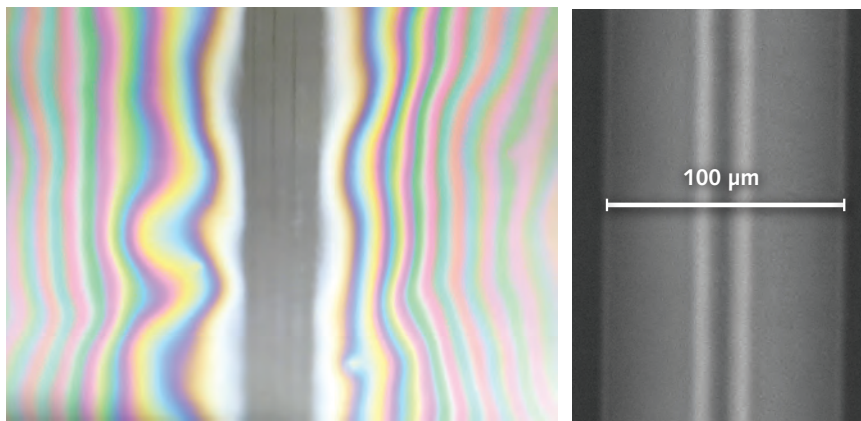


图3：从顶部看到，两个玻璃基板已经通过飞秒激光焊接，留下四条由光学条纹包围的垂直焊接线；插图所示为其中一条线的特写，表明焊缝宽度为100μm。

尽管如此，由于飞秒激光技术的特性及其对材料加工的显著改进，使得飞秒激光器在许多应用中已经成为“必须”的工具。IMRA America 公司在 2002 年首次生产出用于材料加工的微焦量级的商业化飞秒 FCPA 激光器。^[2] 基于光纤技术，FCPA 成为构建高峰值功率、高平均功率和高脉冲能量飞秒激光器的常用手段。

大体上说，飞秒脉冲激光器对热影响区 (HAZ) 减少的水平，是其他激光器无法比拟的。接近手术水平地将能量输送到工件，为 FCPA 在精密消费电子零件制造（包括显示器行业）领域的应用打开了大门。

飞秒激光器在切割硅晶圆方面的应用一直备受关注，因为飞秒激光脉冲的高峰值功率，可用于消融硅晶圆和其他沉积在硅晶圆表面的材料，并且对相邻组件的影响或热损伤最小。通常，这些硅晶圆预先配置了切割通道。这些通道也用于芯片分割之前的探测和测试。因此，切割通道填充有传感器和探测点。在这种情况下，飞秒光束用于去除那些附加的表面层，同时支持硅晶圆的隐形切割。由于飞秒激光脉冲在坚硬、透明蓝宝石衬底中独特的

强非线性吸收，飞秒激光器也是从蓝宝石晶圆中分离出高亮度 LED 芯片的理想选择。

玻璃加工

一直以来，消费电子行业切割和加工玻璃的主要方法都是机械方法。然而，使用飞秒脉冲激光加工玻璃的应用正在兴起。通孔钻孔是一个例子，利用飞秒光束辐照玻璃，引起折射率变化。然后在酸浴中刻蚀玻璃，去除被辐照区域。这些零件用于多芯片平台，产生高密度和快速芯片连接结构，使得垂直集成 IC 成为可能。

另一种应用是在玻璃上刻图和去除薄膜，就像对导电氧化铟锡 (ITO) 薄膜、电致变色薄膜和其他薄膜所做的处理一样。

玻璃焊接也是一个感兴趣的话题，因为它不使用粘合剂或填料。这一点对于微电子封装行业非常重要，因为它消除了内部污染和除气的问题，并且省去了吸气剂的使用（专门添加的物质用于吸收这些不需要的物质）。在这个过程中，两个玻璃零件光学接触，并暴露于飞秒激光束中：飞秒脉冲的高峰值功率在玻璃中引起多光子吸收，局部熔化玻璃，以此将

两个零件焊接在一起，并产生持久的气密封（见图3）。

汽车行业

飞秒脉冲激光在制造业的应用将持续发展和扩张。由于汽车行业需要高稳定性、高可靠性以及创新性，因此飞秒脉冲激光备受汽车行业的关注。例如，目前飞秒激光器已经用于发动机零件（包括活塞）的大批量处理（见图4）。

提高汽车燃油经济性的努力，正在推动减轻车辆重量和提高运行效率方面的工作。发动机由更轻的铝合金制成，而表面纹理和排线被应用于移动部件，以减少摩擦同时提高耐久性。这些合金的使用，迫切需要减少磨损和延长使用寿命的



图4：一家主流汽车制造商生产的飞秒激光纹理加工的活塞；表面纹理应用于裙边区域，以减少摩擦，提升润滑功能。

工程解决方案。与其他技术相比，例如机械刻划表面、长脉冲激光打标，或者表面喷丸处理，飞秒激光交叉排线能够有效地扩散相关油膜，并且显著改善油保留。

这种纹理通常应用于活塞的裙部

区域，经历大部分接触，结果表明在2000rpm的转速时，可减少高达25%的摩擦。飞秒激光器的使用还避免了划线区域毛刺的形成，从而省去了对去毛刺工艺的需求，进一步提高了制造效率。

FCPA 在从医疗到汽车等各个市场领域的商业化，一直是可靠和创新产品工程的驱动力。特定应用的可靠性、激光行业测试标准和测试协议的发展相结合，使得飞秒激光在要求严苛的应用中实现不间断运行成为可能。□

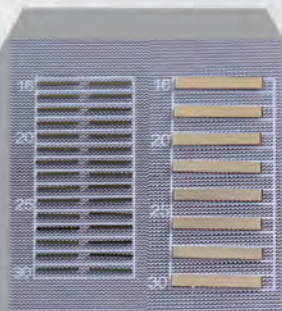
参考文献

1. D. Strickland and G. Mourou, Opt. Commun., 56, 3, 219 (Dec. 1, 1985).
2. See <http://bit.ly/femtosecondref2>.



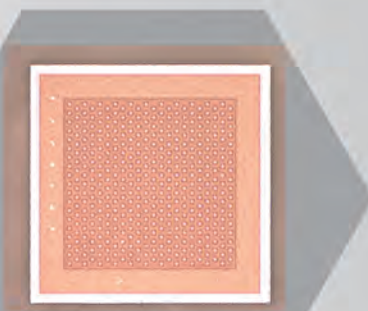
中国激光芯，光耀美好生活

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



高功率半导体
激光芯片

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



高效率雷达VCSEL
激光芯片

中心波长：940nm
结构：TOF、SL
*波长、功率、尺寸、孔径等可定制



高速光通信
激光芯片

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



微信扫一扫
获取长光华芯更多资讯

苏州长光华芯光电技术有限公司

地址：江苏省苏州市高新区科技城昆仑山路189号2号厂房
邮编：215163
电话：+86-512-69372570
传真：+86-512-66806323
邮箱：sales@everbrightphotonics.com
网址：www.everbrightphotonics.com

激光点火

激光点火定量改善汽油发动机的性能

文/ Gail Overton

与电火花塞 (ESP) 相比, 只有通过定量改进性能和成本, 汽油发动机的激光点火 (LI) 才会被主流汽车制造商考虑采用。来自罗马尼亚国家激光研究所 National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics (INLPRP)、雷诺在罗马尼亚的新技术中心 (Renault Technologie Roumanie), 以及罗马尼亚布加勒斯特理工大学的研究人员, 已通过光纤耦合、紧凑的钕和铬钇铝石榴石 ($\text{Nd} : \text{YAG}/\text{Cr}^{4+} : \text{YAG}$) 激光火花塞, 在激光点火系统的设计和量化演示方面取得了新的进展。^[1]

与 ESP 点火相比, 激光点火具有以下几项优点: 1) 激光点火通过发动机气缸壁上的光学窗口输送, 移除 ESP 的突出电极, 并使火焰自由发展而不淬灭; 2) 可以接近气缸的任何内部部件, 并且可以在不同空间位置点燃燃料; 3) 多个激光束可用于通过突发模式操作, 确保点火冗余和潜在的更高点火效率。

量化表现

对于激光点火, 使用 $10.6\mu\text{m}$ CO_2 激光和 $1.06\mu\text{m}$ $\text{Nd} : \text{YAG}$ 激光已经显示出增加的发动机峰值压力和更高的制动功率, 以及改善的发动机燃烧稳定性。然而, 这些是大型桌面尺寸的激光系统, 显然不适合商业实施。

罗马尼亚的研究人员使用紧凑型激光点火系统, 该系统由四个 $\text{Nd} : \text{YAG}/\text{Cr}^{4+} : \text{YAG}$ 紧凑型激光器组成, 这些激光器由 807nm 激光二极管泵浦, 使用 $600\mu\text{m}$ 芯径、数值孔径 (NA) 为 0.22 的光纤进行耦合, 并以准连续波模式运行 (见图 1)。泵浦脉冲持续时间为 $250\mu\text{s}$, 重复频率从几 Hz 到 100Hz 不等, 对于 40mJ 的泵浦脉冲能量, 波长为 $1.06\mu\text{m}$ 的激光的脉冲输出能量为 4mJ, 持续时间约为 0.8ns, 相当于 5MW 的峰值脉冲功率。

由每个激光火花塞 (LSP) 传输的激光束被准直, 然后聚焦在发动机的相应汽缸内。需要注意的是, 要选择聚焦位置以匹配传统火花塞的点火点。

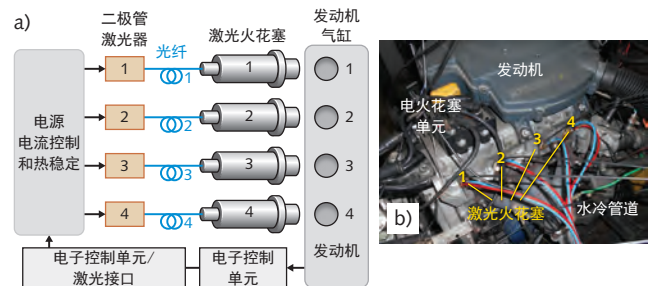


图1: 方框图显示了LI系统的实验设置 (a); 配备LI系统的汽油发动机的物理配置如图所示。

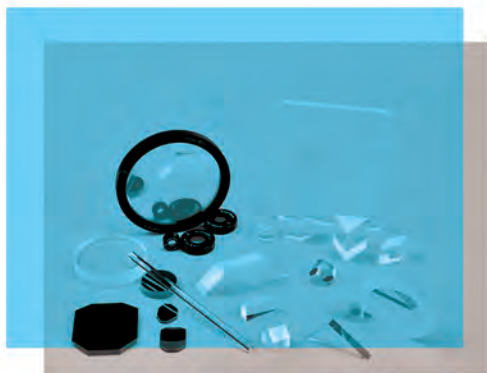
蓝宝石窗口用作 LSP 和相应发动机汽缸之间的接口。所有光学元件 ($\text{Nd} : \text{YAG}/\text{Cr}^{4+} : \text{YAG}$ 介质、透镜和蓝宝石板) 均采用环氧树脂粘合剂嵌入 LSP 金属体中, 可承受 $-70\sim 170^\circ\text{C}$ 的温度变化, 并具有高剪切和剥离强度。

使用标准 30mJ ESP 和激光点火, 完成了对具有四个气缸的雷诺多点喷射乘用车发动机的点火实验, 每个循环仅使用一个激光脉冲 (不是在 burst 模式下) 以建立点火等效性。对于化学计量空燃比 (意味着如果反应物完全燃烧, 将没有剩余燃料或空气) 运行, 结果表明与常规 ESP 点火相比, 激光点火的发动机制动功率提高 7.9%, 制动专用燃料消耗 (BSFC) 降低 7.4%, 并减少了 20% 的一氧化碳 (CO) 排放。此外, 相对于 ESP (相同类型燃料) 的点火, 稀薄的激光点火 (非化学计量比约为 1.25, 留下燃烧后剩余的过量空气) 使发动机制动功率提高了 29%, 而 BSFC 降低了 21%, CO 减少了 30%。

“随着人们对环境影响担忧的增加, 内燃机驱动的车辆必须不断改进,” 布加勒斯特理工大学机械工程学院的 Radu Chiriac 教授说, “我们的激光火花塞具有与传统电火花塞相似的尺寸, 正常操作下用于对化学计量的空气燃料混合物进行真实的汽车发动机点火, 但也用于使用较少燃料的稀薄空气燃料混合物。通过激光点火获得了改进的发动机性能和更少的废气排放; 更快的点火和更强大的燃烧启动, 都是激光点火方面获得的新进展。” □

参考文献

1. N. Pavel et al., Opt. Express, 27, 8, A385–A396 (2019).

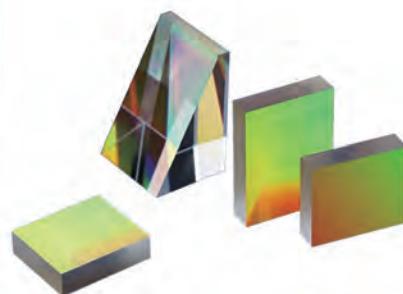


◀ 光学元件



声光器件 ▶

LBO 晶体 ▶



▲ 光栅



▲ 隔离器

CASTECH[®]
—— 福晶科技 ——

CRYSTALS / PRECISION OPTICS / LASER COMPONENTS

Visit us at

CIOE | 中国光博会

展位号 : 9D09
9月 4-7, 2019
广东,深圳会展中心

扫描二维码
了解更多信息

+86-591-83710533



增材制造

futureAM 项目发现用于增材制造的超合金

文/LFW

几十年来，德国弗劳恩霍夫材料与光束技术研究所（Fraunhofer IWS）的工程师们始终在致力于改进激光粉末堆焊技术，以便允许更多的材料能够应用于增材制造中。在这个过程中，系统将各种不同的填充粉末送入加工区；在加工区内，激光熔化粉末并将其沉积在工件表面上。通过这种方式，以逐层增加材料的方式最终生成想要的零件。



图1：通过激光粉末堆焊，可以将不同材料制成的部件进行整体制造，从而使特定材料能够准确地放置在要求其性能的地方。如图中就为燃气轮机提供了更轻、更好、成本更低的叶片。

该项目管理员 Michael Müller 解释说：“这种增材制造过程的一个优点是，可以根据实际需要，非常灵活地生长出不同材料的高性能增材制造零件。”通过这种方式，也有可能打印镍基合金，而这些合金很难使用传统方法进



图2：Fraunhofer IWS的工程师Dresden开发了一个工艺和材料数据库，用于存储制造部件的所有细节；该数据库允许在焊接结果和已经获得的数据之间得出复杂结论。

行焊接和加工。然而，这需要在温度、粉末、进料速度和其他参数都合适时，系统才能有效工作。

Fraunhofer IWS 的 futureAM 项目中，工程师们正在记录大量的传感器数据，其采样率非常高。然而，这产生了人们很难理解的大量数据（大数据）。

Fraunhofer IWS 的专家使用人工智能（AI）和机器学习技术，来发现这些信号洪流中隐藏的联系。例如，特殊的分析算法将测量的传感器值与研究所的粉末数据库联系起来，并对进一步的工艺参数进行评估，逐渐地，机器便学会做出自己的决定，选择出合适的工艺参数。例如，他们可以自行决定焊接过程中温度的轻微上升是否可以接受，或者在整个部件最终成为废品之前，他们是否必须立即采取一些措施。

例如，如果大多数材料在 1200℃ 左右的温度下还没有失效，那么飞机发动机可以在更高的温度下更有效地工作。当然，有些材料可以承受如此高的温度，但是它们成本高昂，并且难以使用传统方法进行加工。增材制造就是为了解决这一困境，以帮助人们实现更具成本效益的设计。

使用激光粉末堆焊，结合优化出的工艺参数，可以同时或连续地以精确可调的进料速度，将不同的粉末送入加工区。精确调节进给速率，有时用单一材料设计整个部件并不是非常有效，所有复合金属材料会形成符合需求性能的增材制造工件。

在 futureAM 项目中，Fraunhofer IWS 和其他五家 Fraunhofer 研究所正在汇集这项技术以及进一步的专业知识，旨在将增材制造推向一个新水平。他们希望到 2020 年夏季，将所有研究成果整合到增材制造工艺链中，并在现实中完成实体零件的增材制造。□

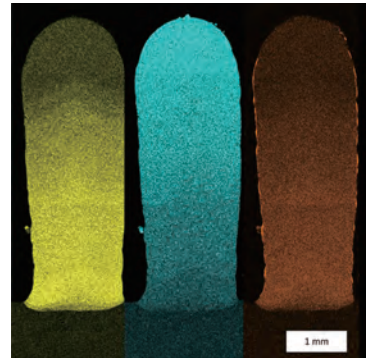


图3：测试的化学分析证明了材料的转变；颜色说明了从钴基合金Merl72到镍基高温合金IN 718的连续转变（黄色-钴；蓝色-镍；橙色-铝）。（来源Fraunhofer IWS）

激光焊接

NIST 研究提高激光焊接的可行性和市场性

文/Gail Overton

研究人员表示，激光焊接的物理过程非常复杂。更好地理解激光与金属的相互作用，可以帮助工业界对激光焊接过程有更多的控制；而激光焊接是制造业中越来越受欢迎的一种焊接技术。在过去的三年中，美国国家标准与技术研究院（NIST）的科学家们，一直在收集与激光焊接相关的最基本数据。研究人员表示，他们的研究范围很窄，但这一复杂过程的测量结果比该主题曾收集的任何数据都更加准确和全面。

现在，计算机建模人员正在开始使用这些信息来改进激光焊接过程的模拟，这是为该项工作进入工业界做准备的必要步骤。

“我们的研究成果已经足够成熟，学术研究人员开始使用我们的数据以他们之前无法做到的方式，彻底测试他们的计算机模型，因为之前没有这类数据。”NIST 物理学家 Brian Simonds 说。

传统焊接通常使用电弧来加热和熔化材料。相比之下，数千瓦的激光束可以对焊接金属的更小区域进行加热，产生比传统焊缝更小、更光滑的接缝，焊缝的尺寸是毫米而不是厘米级。研究人员表示，激光焊接比传统焊接更快、更节能。

即使有上述这些优点以及其他优点，但是激光焊接的使用，在美国可能受益于该技术的所有焊接工作中，仅占很小的一部分。研究人员表示，更好地理解激光焊接过程，将有助于促进工业界考虑投资更多的激光焊接基础设施。

Simonds 说：“工业界的最终目标是有一天如果你想制作某样东西，你可以将它转储到计算机中，计算机会告诉你如何制作它”。Simonds 接着说，虽然这个目标距现在还有十年或者更长的时间，但是制造商可能很快就能开始看到好处，因为 NIST 合作的进展有助于改进计算机模型。这些模拟可以帮助制造商预测不同的设置能够实现哪种焊接。

然而，研究人员需要过去实验的数据来制作模型。这

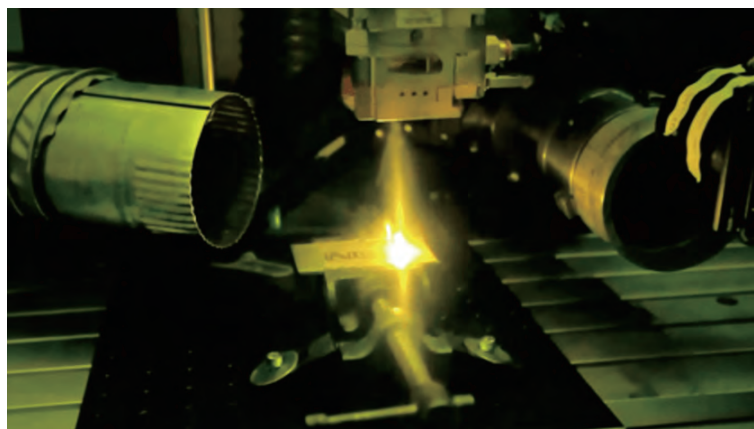


图1：在NIST的激光焊接室内，高功率激光熔化一块金属，形成字母NIST。

项研究分布在数百项研究中，代表了数十个实验室数十年的研究成果。例如，他们可能会从 1970 年的文献中找到关于一种合金的热容量信息，从 1992 年的文献中找到类似合金的热导率，从 2007 年的文献中找到焊接的实验数据。但将这些信息拼凑在一起需要引入很多 Simonds 所说的“经验系数”。“建模人员阅读这些来自于不同实验室的不同材料的资料，并以他们认为最适合实验的方式将这些资料混合在一起，” Simonds 说，“虽然他们觉得已经足够接近想要的结果了，但仍然存在很多不确定性。”

相比之下，NIST 团队正在尝试为模型建立一个更坚实的基础。NIST 的研究人员正在测量模拟器需要的所有信息，包括击中金属的能量、金属吸收的能量、金属加热时蒸发的材料量，所有这些信息都是实时测量。

研究人员用于收集数据的许多技术是在 NIST 设计或开发的，用于测量焊接的新颖层面。例如，研究人员直到最近还无法在焊接过程中测量激光功率。NIST 物理学家 John Lehman、Paul Williams 和他们的同事们，设计并制造了一种可以利用光本身的压力来实现这一目标的设备。

为了解决这个问题，他们用一种称为积分球的装置包围金属样品，积分球设计用于捕获金属反射的所有光。使

用这种技术，他们发现传统测量方法“严重低估了”激光焊接过程中金属吸收的能量。积分球还允许实时测量数据。

他们还找到了一种更好地测量焊接气化物的方法，这种气化材料云包含焊接过程中样品蒸发出来的微量元素。为了探测这些微小信号，NIST 的研究人员正在采用一种被称为激光诱导荧光 (LIF) 光谱的技术。该方法利用第二束激光击中气化物，激光一次只将一种元素作为目标。目标元素吸收第二束激光的能量，然后以稍微偏移的能量释放它，产生一个强信号，这也是该元素的独特标记。到目前为止，研究人员已经证明 LIF 可以探测焊接气化物中的微量元素，其灵敏度比传统方法高 40000 倍。

这项工作的另一个重要方面是，研究人员开展的所有实验都采用不锈钢，这种不锈钢是 NIST 标准参考材料 (SRM)，这意味着它的成分是众所周知的。使用不锈钢

SRM 可以确保在世界任何地方开展实验，都可以获得具有相同成分的金属样品，这样每个人都可以有效地为一个项目做出贡献。

随着他们继续收集信息，NIST 的科学家们正在与世界各地的研究所合作扩展数据集。今年夏天，他们将与美国能源部的阿贡国家实验室合作，利用该实验室独特的能力，实时对熔融金属池进行高速 X 射线成像。其他合作者包括奥地利的 Graz University of Technology、加拿大安大略省的 Queen's University 和盐湖城的 University of Utah。

Simonds 及其同事们也在扩大他们的工作范围，因为他们利用高功率激光束辐照的是金属粉末而不是固体。粉末研究直接支持增材制造领域，增材制造在 2017 年的产品和服务市场的价值超过预期的 73 亿美元。□

2019 年中国激光市场或将面临 15% 甚至 20% 的下滑

多年来，中国一直是全球激光制造商的黄金市场，但是随着中国本土激光技术的发展，这一情况正在迅速改变。

大族激光首席技术官陆启涛博士在第 14 届 International Laser Marketplace 大会上表示：“2013-2018 年间，中国激光技术的销售持续增长，特别是在过去的几年里，增长一直保持稳定，其背后的市场驱动力包括智能手机、金属板切割、电动汽车，以及最近出现的显示技术和透明材料加工。”

2018 年中国激光市场的总销售额达到了 50 亿美元的峰值，但 2019 年可能是市场方向发生重大变化的开始，预计 2019 年中国激光市场的销售额将比去年下降 15% 甚至 20%。

中国激光器制造商和系统集成商已经越来越强大，进口到中国的激光系统越来越少，尤其是低功率产品。但是 2018 年由显示行业和半导体行业的需求，中国还是进口了很多激光设备，特别是从韩国进口。

中国向东南亚出口

中国的激光器出口一直稳定增长，主要出口市场都在东南亚，特别是越南、中国台湾、马来西亚、韩国和印度。

自 2000 年以来，推动出口的应用也变化多样，2002-

2008 年主要是打标应用；2009 年，越来越多的激光系统用于制造智能手机；2010 年，更多的激光器用于金属板切割，尤其是多千瓦光纤激光器；在过去的五年中开始用于生产电动汽车；在过去的三年中，用于 OLED 和 LED 的制造，这需要超快激光器。

展望未来，预计光纤激光器的销售额将保持在每年 10 万台左右；1.5kW 以上的高功率光纤激光器的出口将强劲增长；紫外激光器每年仍将保持 8000-10000 台的出口量；超快激光器的出口也有望强劲增长。

随着中国制造能力的提高，中国的进口需求将会减少。现在中国的激光公司和系统集成商能提供卓越的客户服务和成本优势，以及更强的集成和自动化能力。国外厂商在中国开展业务将变得更加困难。

贸易冲突

从影响中国激光行业总体商业趋势的广泛视角来看，中美贸易冲突会致使许多大的合同制造商从中国撤离，未来更广泛的东南亚地区将是一个非常重要的激光市场。另一方面，中国的“一带一路”政策，也将为中国激光厂商开拓“一带一路”沿线的海外市场创造机会。但在近期内，市场的发展仍然存在很多不确定性。□

VisionCon 2019

视觉系统设计技术会议

2019年12月5日 · 深圳

4

APR 成都
标准会议

6

JUN 苏州
超级会议

携手ACT 4 大会议，
打造 2000 人
“跨领域，拓商机”大会

12

DEC 深圳
标准会议



从“制造”到“智造” 机器视觉——不可或缺的关键技术

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

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

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

主办单位



大会媒体

视觉系统设计
Vision Systems Design China

精彩议程（部分）

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

会议咨询 86-21-62511200

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

彭珊 (Sophie Peng)
SophieP@actintl.com.hk

往期回顾



光学器件

用于高功率蓝光激光二极管的经济型高性能快轴准直镜

文/FSIBA

最近几年，二极管激光器领域出现的重要进展之一就是 5W 单管蓝光二极管的问世。相比于更普通的近红外激光光源，短波长的蓝光光源在显示、金属切割和金属焊接（比如铜和金的焊接）方面提供了无与伦比的优势。但是，传统的用于近红外光源的聚焦透镜，无法帮助蓝光二极管充分展现其性能，这样就限制了那些本来能受益于短波长二极管光源的应用。

就波长来说，即使透镜材料少量吸收蓝光，也会导致产生的热量对光学性能产生负面影响，从而使蓝光的准直变得困难。本文将回顾这些问题以及 FISBA 如何精选材料、并运用专利的生产技术来克服这些问题。在新一代蓝光 FAC 的帮助下，高功率蓝光光源有了更优越的性能。更为重要的是，新的 FAC 能以市场可以接受的成本生产出来。

激光二极管准直

与其他类型的激光器相比，激光二极管有着截然不同的输出特性。具体来说，激光二极管输出的光束是高度发散的，而不是汇聚的，而且发射的光是非对称结构。有源区垂直方向的发散角比平行方向的发散角大得多。高度发散方向称为快

轴，低发散方向称为慢轴。

为了有效地利用二极管，需要对有发散角和非对称的光束进行准直和整形。一般做法是分别对快轴和慢轴的不同特性用光学器件整形。现实中需要用到只在一个维度有功率的光学器件（比如柱状或非球面柱状透镜）。

准直透镜的一个重要参数就是数值孔径 NA，用来描述收集光的效

率。具体来说，NA 就是光束边缘和光轴夹角的正弦（实际是，折射率 $\times \sin(\theta)$ ），但是我们测量的系统是在空气中，空气的折射率为 1.0），示意图见图 1。

大多数激光二极管的大快轴发散角，意味着需要大 NA 的透镜来收集所有输出的光。另外，为了减小光束的高度，需要非常短的焦距。然而，焦距减小，意味着剩余发散角会增加。最优值决定于具体的光学设计，但是在很多应用中，小于 1mm 的焦距是最优的解决方案。

有两种主要的方法可在单个 FAC 上获得大 NA。对于一个给定形状（曲率半径已知）的透镜，通过增加透镜的折射率来减少焦距，从而增加 NA。同样，用陡峭的表面曲率，并且 / 或者增加第二表面的曲率（图 1 中前面两个比较平），可以减小焦距，从而增加 NA。

蓝光FAC的挑战

生产大 NA、短焦距的用于高功率蓝光二极管的 FAC，面临一些独一无二的挑战。具体来说，很多高折射率材料对蓝光的吸收远远超过长波长激光。并且，高折射率材料往往是传统生产 FAC 的材料，因为他们能让光学器件具有大 NA。

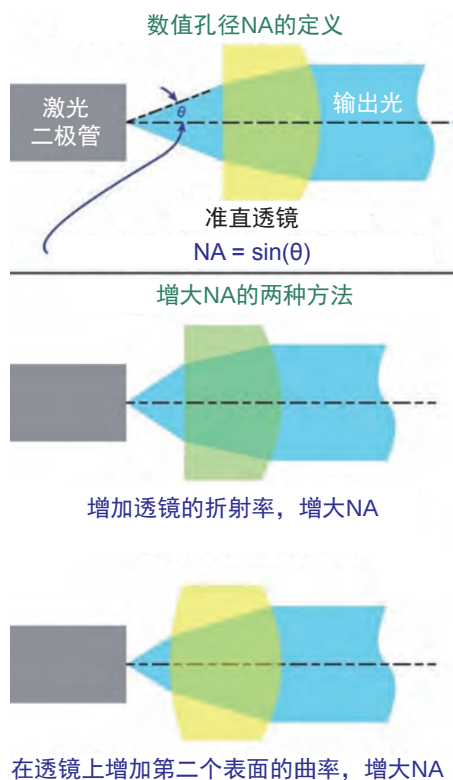


图 1：对于给定形状的透镜，高折射率材料可以生产出短焦距和高 NA。同样，不改变材料折射率，用陡峭的透镜表面同样可以减小焦距和增加 NA。

当高功率蓝光照射时，即使少量的吸收也会在透镜内部产生大量的热。热膨胀会使FAC产生外形的改变。另外，材料的折射率同样随着温度变化。这两种机制就是所谓的“热聚焦”，大块材料的不同位置的折射率会不一样。热聚焦效应会使背焦距面错位，导致剩余发散角增大。这会严重影响聚焦光束下游的应用，导致系统性能的恶化。

由激光能量引起的FAC变热，同样会产生第二个问题，即透镜的变热同时升高了用于粘合FAC和基板胶水的温度。胶合处的热量能产生额外的机械位移，造成了对准的偏差。虽然强劲的机械设计可以弥补这一问题，但是会为成本和体积会带来负面影响。

蓝光FAC材料测试

为了提供能成功匹配蓝光激光二极管的光和热性能的下一代FAC，FISBA开始了一个测试项目，来探索三种最有希望的透镜材料。表1中列出了这些材料的关键性能。

S-TIH53是OHARA集团生产的一种高折射率玻璃，因其高折射率（可以用通用的生产方法制造高NA的透镜）广泛用在用于红外高功率激光二极管中。FISBA“蓝”是经过精挑细选的玻璃，是一种在蓝光波段由各种材料做成FAC后优缺点的一种权衡。熔融石英是一种特别在蓝光和紫外波段广泛应用的材料，而且也是一种反射镜基板材料（因为其热膨胀系数低）。

用于这项研究的试验样品中，不同材料做成FAC，将一个200W蓝光二极管模块聚焦成200 μ m直径大小的光斑。每种FAC的焦距为600 μ m。

表1：用于蓝光二极管激光器的FAC材料的性能比较

	S-TIH53	FISBA “蓝”	熔融石英
透射率@450nm	差	好	优秀
热膨胀系数	大	中等	低
折射率	高	高	低

红外相机记录下了温度随着照射激光功率的关系。测试结果和用有限元分析（FEA）的结果进行了对比。

毋庸置疑，这三种FAC材料在与透射率相关的热效应方面，展现出了数量级的差别，结果跟FEA的模拟完美匹配。具体来说，当S-TIH53FAC曝光于几瓦的蓝光下时，FAC的光学性能下降很快；FISBA“蓝”FAC展现出了中等性能，能处理50W激光而光学特性没有发生太大变化；熔融石英FAC曝光于200W的测试光源下，无热聚焦效应，或者焦距没有任何改变。

蓝光FAC方案

本研究表明，对准直最大50W（远远大于目前市场上的单管功率），用FISBA“蓝”生产的FAC是一种最佳选择。除了展示出很好的热效应之外，该材料还有足够高的折射率来应用平凸设计。与凸面面对二极管透镜相比，这种形状对快轴方向调节精度不敏感。因此容易集成进系统，随着时间的推移也不容易发生移位。此外，FISBA“蓝”还具有成本优势。

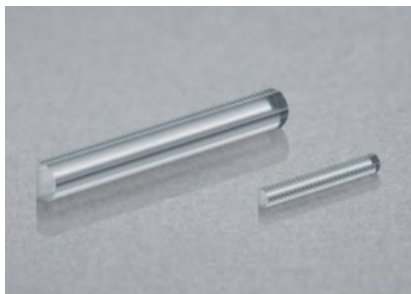


图2：用FISBA“蓝”做成的两种FAC样品。

对于更高功率的蓝光激光二极管，比如正在开发中的多发射点阵列，熔融石英FAC代表了一种可能的方案。然而，大多数用传统方法生产的透镜制造商不能轻松生产这些器件，至少达不到工业客户需要的批量价格要求。

FAC是典型的需要至少一个面是非球面柱状表面的微透镜。两种最流行的商用化生产这些微透镜的方法是：精密模压和其他基于晶圆的处理方法。但是，低折射率的熔融石英为了实现大NA需要双凸设计，不幸的是，基于晶圆的生产工艺，非常难保证前端的柱状轴和后表面的高度精密对准。而且，目前还没有合适的模具材料能承受熔融石英模压需要的高温，因为只有这样的高温才可以达到必要的精度。

FISBA正在开发另一种专利技术，以实现能够克服上述缺点的生产方法。这种方法可以保证制造出高精度、双凸、非圆形的柱状熔融石英或其他材料的FAC微透镜。并且，这种方法可以在大批量生产的同时，保证透镜之间的一致性。更为重要的是，FISBA已经积累了足够的知识和过程控制技术，以生产出能在成本方面满足蓝光激光器需要的FAC。

总结

激光二极管一定需要FAC。对于近红外激光二极管，这些透镜由高折射率材料做成，用来减少尺寸、复

下转第37页

激光雷达用激光器

FMCW 激光雷达：
自动驾驶汽车的另一种新选择

文/Jeff Hecht

在自动驾驶汽车发展的初期，设计工程师选择了 905nm 发射的脉冲激光雷达系统，因为这些系统可以在市场上买到，直接便可插入测试车辆中使用。然而，当前的 905nm 脉冲激光雷达也具有有一些重要的限制：机械扫描的高成本、容易受到太阳眩光和其他光源的干扰，以及将激光雷达范围限制在 60-100m 的人眼安全功率限制。转换到视网膜安全的 1550nm 波段，允许脉冲功率足够高，范围从 200~300m，固态扫描的进步可以降低成本。飞行

时间脉冲激光仍然是行业的领导者，但它们仍然可能无法满足实现真正汽车自主的严格要求。

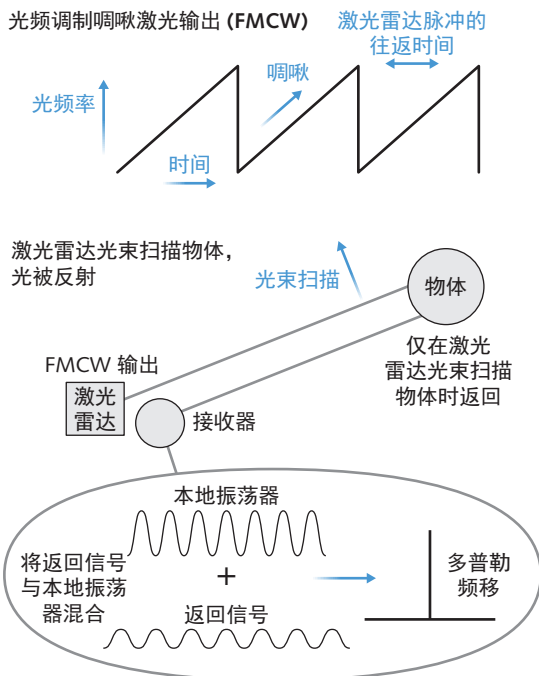
现在，相干激光雷达正在进入汽车应用领域。领先的方法是频率调制连续波（FMCW）激光雷达，这是廉价 FMCW 相干微波雷达的光学版本，现在用作某些汽车的安全附件。连续波操作避免了限制当前脉冲激光雷达范围的高峰值功率的人眼危害。相干探测也比直接探测灵敏得多，并且能提供更好的性能，包括单脉冲速度测量，以及免受太阳眩光和其他光

源（包括其他汽车使用的激光雷达）的干扰。然而，FMCW 激光雷达面临严峻的挑战。

相干激光雷达通过将从物体反射回来的光，与来自相干激光发射器的光混合来定位物体。物体朝向或远离激光雷达的运动多普勒频移返回信号，因此将其与本地振荡器信号混合，可以通过单次观察直接测量视线中的速度。与脉冲激光雷达一样，返回信号的角度测量物体相对发射器的方向。分析通过将激光雷达返回与输出信号混合产生的中频测量物体距离，并将其与方向和速度相结合，给出三维位置和速度。美国 Blackmore 公司联合创始人兼首席技术官 Stephen Crouch 说：“相干探测允许多得多的信号处理，完成更有趣的任务。”

FMCW 激光雷达通过反复线性啁啾连续激光束的频率来测量距离（见图 1）。通常，啁啾上升的时间长

于光到达物体的时间，然后物体在扫描完成时反射光束。当返回信号与本地振荡器混合时，相干探测器混合信号并测量差频，给出当反射光往返期间频率改变了多少。将该间隔乘以



脉冲和相干激光雷达

脉冲激光雷达是简单的飞行时间测距系统。它们通过记录短脉冲发射和接收到反射光之间的时间来测量距离，并且在此过

图1：FMCW激光雷达的输出激光束在频率中反复啁啾（上插图），每次扫描的时间短于激光到物体往返所需的时间（中插图）。连续光束在视场内扫描，一小部分返回到接收器，与来自激光发射器的光混合，如下插图所示。



15场年度压轴

专业论坛

聚焦全球前沿光电技术

1. 高峰论坛:

2019“中国光谷”国际光电子信息产业高峰论坛

2. 专题论坛:

- 第十二届国际光子与光电子学会议 (POEM2019)
- 第一届激光产业链峰会
- 2019激光先进制造技术研讨会
- 第二届超快激光加工产业国际论坛
- 第十三届中国光谷国际激光峰会
- 2019光纤激光器及其应用培训会
- 2019光学与光子学青年学术会议
- 微纳光电子高峰论坛
- 2019中国光电子研究生论坛
- 光学检测与加工技术应用研讨会
- 第五届武汉国际光谷论坛暨转型时代的电信营运商
- “5G”时代信息通信产业高峰论坛
- 2019中国光纤传感论坛
- 第十七届“中国光谷”知识产权国际论坛



清华大学黄翊东教授:

2018武汉光博会非常专业。我主持的“微纳光电子高峰论坛”，观众非常火爆，很多听众站着听完全程。很多提问也非常专业。不愧是“中国光谷”，武汉的光电果然名不虚传。



长按识别二维码，
『预登记』我要听会！

时间: 11月13-15日

地点: 中国光谷科技会展中心

论坛联系:

曾女士, 18086082318, Karida@oeshow.net

第十六届“中国光谷”国际光电子博览会暨论坛 (OVC EXPO 2019)

啁啾速度得到距离。进一步处理提取多普勒频移,以产生物体相对于激光雷达的速度,这对于保持自动驾驶车能够识别在其周围移动的其他车辆是至关重要的。

美国 Insight LiDAR 公司商务拓展副总裁 Greg Smolka 表示,信号处理相干检测的一大优势,是它只放大与本地振荡器信号相干的光。“你的探测器在寻找返回信号中与激光雷达光束相干的精确匹配,”他指出。相互相干的光是被放大的,与本地振荡器不匹配的光未被检测到,阻挡来自太阳光、人造光或其他车辆上的激光雷达的噪声。相比之下,脉冲激光雷达无法筛选出非相干光,这会干扰返回信号。

现有的 FMCW 激光雷达仅限于约 100m 的相干长度,这可能将它们范围限制在约 50m,这是一项严重的限制。目前的脉冲激光雷达范围为 60~100m,足以让城市机器人出租车以从容的速度移动。然而,以高速公路上的速度行驶的汽车,需要 200~300m 的范围才能及时停止以避免碰撞。

目前正在采取努力克服此限制。一种选择是先进的信号处理,加州大学伯克利分校的 Taehwan Kim 说可

能将 FMCW 激光雷达的范围扩大 10 倍。相干激光雷达在激光器的相干长度内,返回信号会为物体产生尖锐的峰值,但超过相干长度时会展宽为洛伦兹形状(见图 2)。使用传统的快速傅里叶变换处理这种激光雷达返回信号,会降低它们的精度和灵敏度,但 Kim 已经报道了通过使用洛伦兹最小二乘拟合处理返回信号在超过相干长度上的改进。目标是将 FMCW 激光雷达范围扩展到足以在高速公路的速度下使用。

光子学集成

关于 FMCW 系统的另一个问题,是它们比飞行时间脉冲激光雷达更高的成本和复杂性。“在许多方面,FMCW 激光雷达更加困难,对激光光源的要求更加严格。” Smolka 说。两年半来,Insight LiDAR 公司一直致力于 FMCW 激光雷达的光子学集成,包括扫频激光器、片上放大器和探测器,对 10% 反射率的物体可以测距到至少 200m。

该公司还在推动充满快速移动的机器人车辆的环境所需的性能。“仅仅能看到 200m 处的东西是不够的,” Smolka 说,“你必须在其上放置足够的像素来识别它是什么,以及它是否是我必须担心的东西。”为此,它们使用快轴上的固态扫描和慢轴上的机械扫描,以允许感兴趣的远场物体(如行人)的高分辨率扫描。

光学相控阵是固态扫描的另一种方法,可用于集成光子学。它们在激光穿过波导时对激光进行相位调制,以整形和重定向从阵列输出端出射的光束。使用集成硅光子学为 FMCW 激光雷达制造光学相控阵的第一份报告,来自于 2017 年由

Christopher Poulton 领导的麻省理工学院的团队。他们将光学相控阵添加到了带有边缘耦合器的芯片上平衡探测器,用于发射光和接收光,以创建无透镜的芯片级 FMCW 激光雷达。他们选择 1550nm 激光光源通过硅波导进行传输,并对频率先上升后下降地线性啁啾其频率。他们报告了在 $46^\circ \times 36^\circ$ 的范围内转向光,但范围仅限于 2m,分辨率很低。从那以后,其他人已经报告了更好的集成激光雷达结果和更长的范围。

美国 SiLC Technologies 公司首席执行官 Mehdi Asghari 在硅光子学领域具有 20 年的丰富经验,他表示,光学相控阵是有吸引力的,因为它们几乎没有旁瓣,可以通过一组光学元件进行发送和接收。他说,使用窄线宽激光器和低噪声接收器,相控阵激光雷达可以达到自动驾驶汽车所需的 200~300m 范围。他补充说,将 1550nm 发射的磷化铟增益芯片和锗器件添加到含有外腔的硅芯片中“击败了最昂贵的复杂激光器”。

Mehdi Asghari 介绍说 SiLC 公司设计最终可以提供人眼安全激光雷达,距离可达 500m。它们已使用 4mW 激光达到 100m 的范围,并认为它们可以达到 50mW 下的 200m。激光雷达中的单个激光核心应该足以满足大多数短距离车辆应用,并且可以增加更多核心。多核激光雷达可以使用不同波长的激光,来识别它们正在测量的东西。该公司计划向激光雷达制造商销售传感器和处理器,而不是生产自己的激光雷达。

Blackmore 公司与桑迪亚国家实验室合作开发了一款平面相控阵芯片,该芯片将 1550nm 激光从晶圆平面中的波导中分离出来,然后将光向

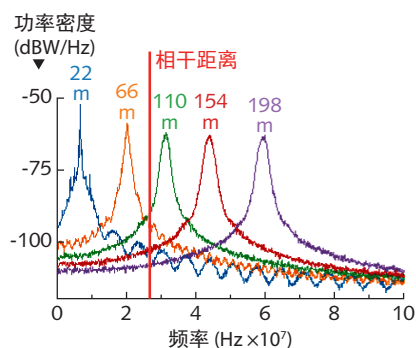


图2:在激光雷达的相干长度内,物体反射的 FMCW 激光雷达光在相干接收器中产生尖锐的峰值,但是超出相干长度的那些扩散为圆形的洛伦兹峰值。

上引导以产生可操纵的光束(见图3)。Crouch 称之为“从信用卡上发射的很好的准直光束”。他介绍说在 1550nm 工作的最大优势,是为光纤元件开发的复杂、高效组件的可用性。

低功率水平的操作对于未来的集成光子学非常重要。“我们不想考虑将大量电力投入到小芯片中。”Crouch 说。保持光束功率低于 100mW 将使芯片尺寸的 FMCW 激光雷达成为可能。

展望

FMCW 激光雷达技术正在发展,但仍然充满挑战。“我们不是要告诉你我们现在正在对光学相控阵放眼 200m。”Crouch 说。他表示相控阵出现了短短几年,但对汽车应用的未来持乐观态度,并补充说“长期目标是降低激光雷达的成本”。

然而其他人担心 FMCW 激光雷达对于自动驾驶汽车可能过于复杂和昂贵。在飞行时间和相干激光雷达之间存在许多权衡,比利时 Imec 公司的 Umar Piracha 说:“FMCW 通过将微弱的返回信号与参考振荡器混合,提供额外的收益,这使接收器更加灵敏。如果从远处黑色汽车的反射中获

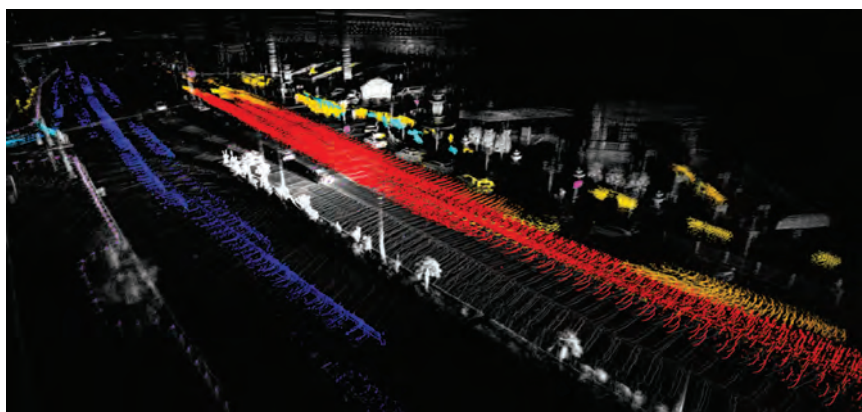


图3: 在这两幅图像中,Blackmore公司开发的激光雷达系统显示了从接近(蓝色)到远离(红色)和静止(白色)的色谱上的瞬时速度;几秒钟的累积数据揭示了行人和交通模式。

得微量的能量,相干检测可以放大信号来发现它。”通过允许接收器使用 1 美元的 pin 硅探测器,而不是脉冲激光雷达所需的昂贵的雪崩光电二极管或硅光电倍增管,可以节省资金。

但 Piracha 补充说,FMCW 激光雷达“需要具有良好偏振控制和长相

干长度的可调谐激光器”。他提醒说,散斑噪声带来灵敏度降低,整体系统复杂性带来高成本。“真正的问题是它适用于自动驾驶汽车的适用性和易用性。”他说道,“虽然飞行时间系统由于其简单性已获得了更大的整体兴趣,但答案并不十分明确。”□

上接第33页

杂性和成本。但是用于高功率蓝光激光二极管的 FAC 则不能用这些材料,因为这些材料会过度吸收激光,从而承受过多的热聚焦效应。FISBA 的研究已经发现了一种能支持目前所有现成蓝光激光二极管的高折射率材料。

由 FISBA “蓝”制成的 FAC,为当前功率的蓝光单管激光器提供了一种无与伦比的成本和性能优

势。对于二极管阵列可能需要的更低吸收率和更高功率要求的 FAC, FISBA 正在开发一种能批量生产熔融石英 FAC 的新生产技术。也就是说,能用现有的生产方法大规模生产高度弯曲、双凸、非圆形柱透镜。性能和成本的优势,将使这些大有前途的高功率短波光源发挥出更多的潜在优势。□

参考文献

1. Fused silica fast axis collimator lens for blue high-power laser diodes, P. Wuest, F. Saupe, H. Forrer, FISBA AG (Switzerland); M. Huber, FISBA LLC (United States); H. Moser, M. Forrer, FISBA AG (Switzerland), SPIE Photonics West Proceedings Volume 10899: Components and Packaging for Laser Systems V, March, 2019.

商业论坛

光子学中的性别平等问题得到重视

文/Conard Holton



20世纪90年代初，当我第一次参加 CLEO (Conference on Lasers and Electro-Optics) 的技术会议时，我并不惊讶于观众中绝大多数都是男性。那是很久以前的事了，谢天谢地，现在有更多的女性活跃在这个领域。但是，在这个曾经以男性为主导的领域，消除性别歧视、获得性别平衡，仍然是一项正在进行的工作，正如麦肯锡 2018 年通过多元化研究所提供的证据表明的那样，实现性别、民族和种族的平衡，能显著提高公司的财务业绩。在光子学领域，导致性别不平衡的一个原因是，在光子学职业生涯中男女之间的工资差异。

在上期内容中，我总结了 SPIE 2019 年光学和光子学全球薪酬报告的结果。这个结果对从事光子学工作的人来说是个好消息，其中不乏很多令人满意的高薪职业。不过，我也从报告中引用了一个令人不安的信息。事实上，“男性的平均工资比女性高 29%，尽管在职业生涯的早期，他们的均工资差距较小”。

2018 年的 IEEE-USA 工资调查，这是工程世界最大规模的年度薪酬调查，也显示了类似因性别不同而导致工资不平等的情况（实际上该调查显示的结果更糟）。根据这项调查，即使考虑到经验，女性工程师的平均工资也比男性工程师少 20000 美元，而这个差值比前一年的调查结果高出了

大约 3500 美元。

在 SPIE 的全球薪酬调查中发现的工资不平等现象，并没有一个简单的解释。但是了解一些导致这种不平等的原因，如女性要优先抚养子女或照顾长辈，可以帮助雇主制定灵活的雇佣政策，吸引和留住那些拥有难以替代的高技能的女性员工。

2017 年，SPIE 性别平等工作组发布了一份非常有启发性的报告——《光学 + 光子学领域的性别平等》。以下精选了该报告中的一些发现：

- 随着工作年限的增加，光学和光子学领域的女性员工逐渐减少。在职业生涯的早期阶段，21% 的员工是女性；但是随着工作年限的增加，女性员工的数量开始下降，30 岁以上的员工中，女性员工数量下降到 10%。
- 平均而言，男性员工每周的工作时间比女性员工多，尽管在每周

最高工作

时间类别中，性别差异非常小。

- 女性员工比男性员工更经常地出现请假情况，至于请假原因，69% 的女性员工是因为照顾孩子，而男性员工的该数据仅为 9%。
- 与男性员工相比，在光学和光子学领域工作的女性员工，生孩子的可能性更小。这一发现在职业生涯中期尤为明显，这也表明许多女性员工会在生完孩子后离开工作岗位。
- 女性员工比男性员工有更多的产假，欧洲和亚洲的女性员工要比北美女性员工休更长时间的产假。

“你必须明白，工资不平等不是女性的问题，而是一个家庭的问题，”该工作组主席、兼 SPIE 董事会成员 Julia Craven 说，“我们谨慎地对待这份报告数据，但我们一直在积极地收集数据，以便我们可以向 SPIE 委员会提出有建设性的建议。这项研究很有价值，我们需要让每个人都参与到这场谈话中。”

Edmund Optics、FLIR 和 Zemax 等公司都表示，他们在努力提供一个灵活的工作场所，并且也在从这种平衡关系中受益。问题很复杂，工资公平只是一个方面，当然也是非常重要的一个方面。

“最后，” Julia Craven 表示，“我们必须明白，纠正工资不平等在商业上具有很多潜在意义。” □

Median Salary by
Gender and Years Employed

	Women	Men
Less than one year	\$40,492	\$43,719
1-2 years	\$49,500	\$50,826
3-5 years	\$50,000	\$57,098
5-10 years	\$54,864	\$61,132
11-15 years	\$56,202	\$66,610
16-20 years	\$69,184	\$84,000
21-25 years	\$80,000	\$106,505
26-30 years	\$100,000	\$120,000
More than 30 years	\$79,812	\$123,941
n = 758 women, 3,970 men		

(Courtesy: SPIE)



国际全触与显示展
C-TOUCH & DISPLAY

开启折叠时代

USHER IN A FOLDABLE ERA

2019 深圳国际全触与显示展 C-TOUCH & DISPLAY SHENZHEN 2019

2019.11.21-23 | 深圳会展中心
Shenzhen Convention & Exhibition Center



同期展会
Concurrent Events



主办单位
Organiser



参展联系 Exhibitor Contact

李翔 Edison Li
电话 Tel: 021-2231-7108
传真 Fax: 021-2231-7182
邮箱 E-mail: info@reedkuozhan.com
sz.quanchu.com.cn

观展联系 Visitor Contact

包佳佳 Jiajia Bao
电话 Tel: 010-5763-1828
传真 Fax: 010-8518-8016
邮箱 E-mail: jiajia.bao@reedexpo.com.cn
sz.quanchu.com.cn



关注官方微信
Follow us on WeChat

II-VI公司带有集成视觉系统的快速激光加工头

II-VI 公司推出更快的 RLSK 远程激光加工头，它集成了视觉监控系统，能够针对下一代汽车制造应用实现先进的精密焊接。



RLSK 激光加工头采用了一种新的视觉系统，具备高精度焊缝跟踪功能，实现高质量焊接。与传统的重叠焊缝相比，使用 RLSK 焊接头可节省材料，生产出更轻、更省油的车身；还能提高机械配合和关闭，如车门、引擎盖和行李箱盖的顺利行动，提升消费者体验。

RLSK 的设计独特，提供无与伦比的性能。它能在几毫秒内将激光束定位在整个三维工作范围内，基于几乎所有工件物理特征的自动参考获得精确的定位精度。精密、工作范围和速度的结合，使其能在任何方向以每分钟超过 10 米的速度实现高质量精密焊接。

RLSK 加工头配有可选的内部摄像头，用于过程培训和监控，使用 II-VI 公司的 RLSK Studio 软件套件。

II-VI, www.ii-vi.com

手持抖动焊接头解决焊缝表面问题

深圳市万顺兴科技有限公司推出一款手持抖动焊接头 + 系统解决方案 (ND18)，旨在解决目前激光焊接中出现的质量问题及焊缝表面出现的问题。



该焊接头采用万顺兴自研控制系统，集成了激光控制、振镜控制、激光安全锁和优良的工艺算法；独创的数据库可储存丰富的工艺数据，可实时调取使用；拥有多点射功能，适用于点焊的场景光束可抖动 0~4mm 宽度，适合不整齐的焊接场景；光束可抖动，能改善传统激光手持焊接的熔深问题和焊接表面质量问题。

该焊接头功率为 1.5kW，其造型轻便，操作简单易上手；具有多个安全警报，安全性高；可配置多种角度喷嘴，满足不同的焊接需求；能取代传统氩弧焊、电焊在薄不锈钢板、铁板、铝板等金属材料方面的焊接应用。

万顺兴科技, www.wsxlaser.com

用于相干光谱合束的1μm低噪声单频光纤激光器

为了满足“相干光谱合束”技术对于单频激光种子

源的特殊要求，南京聚科光电技术有限公司推出 JK-CSC 系列 1μm 低噪声单频光纤激光器。该激光器系列在完整覆盖 1050~1080nm 波段的基础上，基于自主研发的噪声抑制技术，实现低频率噪声、低强度噪声、窄线宽、低频率抖动的激光输出，并且具有偏振保持特征，可同时满足“相干光谱合束”技术中对于种子光源的功率、频率、噪声、波长等性能的全部要求。



JK-CSC 系列 1μm 单频光纤激光器具有超低的频率噪声和强度噪声、模块整体尺寸小巧、封装坚固、抗环境干扰能力强、输出功率可达 10mW 以上，目前已开始量产。

南京聚科光电技术有限公司, www.focusingoptics.com

1.0μm窄线宽单频光纤激光器基础模块

上海瀚宇 CoSF-D 高功率窄线宽单频光纤激光器，是一款自主研发的低噪声光纤激光器，采用分布反馈布拉格光栅 (DFB) 型光纤激光器技术，实现了稳定的线偏振、单纵模、超窄线宽的单频激光输出。特有的相对强度噪声 (RIN) 抑制技术，保证激光器的低噪声运行。



输出光频谱线宽达到 kHz 量级，具有超低的频率噪声和强度噪声，尺寸小巧，封装坚固，抗环境干扰能力强，输出功率可达 50mW 以上。工作波长范围在 1010~1120nm 内可选，典型工作波长如 1018nm、1030nm、1053nm、1064nm、1083nm 等。

应用领域包括高功率光纤激光系统种子源、激光雷达、冷原子物理、激光光谱学、空间激光通信等。

上海瀚宇, www.shconnet.com.cn

用于精密加工的Monaco UV飞秒激光器

相干公司新推出 Monaco UV 飞秒激光器，提供工业级的 24/7 运转可靠性，具有极佳的能量稳定性以及最小的热影响区，可在微电子加工中实现高吞吐量、高精度的切割、划线和钻孔，适用于 OLED 切割、晶圆切割、聚合物薄膜切割、柔性电路和低介电常数材料的加工等。

Monaco UV 采用严苛的 HALT/HASS 设计、制造和测试方法，它能进一步减小热影响区，同时提供工业级的可靠性。



数控机床与金属加工展

工业4.0及中国制造2025首发平台

2019年9月17-21日 国家会展中心(上海虹桥)



扫一扫
关注微信公众号



中国(深圳)激光与
智能装备博览会
2019年5月8-10日
深圳会展中心



华南国际钣金展
2019年11月20-23日
广东潭洲国际会展中心

www.metalworkingchina.com

欢迎垂询: 021 5045 6700-222/284/246

Monaco UV 的输出经过专门设计, 可提供脉冲能量和重复率的组合 (20μJ@1.25MHz), 非常适合常用材料的烧蚀阈值。这能提高产量, 降低每瓦成本。963mm×358mm×175 mm 的紧凑外观, 能简化系统集成工作。

Monaco UV 采用与 Monaco 系列其他产品相同的强大软件界面, 系统集成商和最终用户可以轻松使用该新型激光器。

相干公司, www.coherent.com

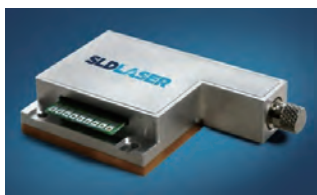
用于材料加工的紧凑型高功率蓝光激光模块

SLD Laser 针对材料加工应用, 推出紧凑型高功率、高亮度光纤耦合蓝光激光模块, 其适用的材料包括铜、铝、不锈钢、镍、金、钛和银等, 具体应用包括动力电池和消费电子产品生产中的铜焊接以及 3D 打印等。相比红外光, 上述材料对蓝光具有更高的吸收率, 加工速度和加工质量进一步提升。

非金属和有机材料对蓝光也具有高吸收性, 因此它还可用于这些材料的打标、雕刻和切割。

该产品只有信用卡大小, 输出功率超过 20W, 输出光纤芯径 100 μm; 它采用模块化设计, 可通过光纤进行功率聚合, 实现更高功率的系统, 能从芯径 600 μm 以下的光纤中输出数百瓦的功率。

SLD Laser, www.sldlaser.com



II-VI 公司用于材料加工的高功率蓝光激光电缆

II-VI 公司推出用于蓝光激光束的高功率激光电缆。

铜是电动汽车中使用的一种重要金属, 具有非常高的导电性。电动汽车的发展, 加速了对激光加工铜的需求。铜对高功率蓝光激光的吸收效率很高, 能够实现牢固且无飞溅的铜焊缝。II-VI 公司推出的新型蓝光激光电缆, 额定功率 1kW, 能将高功率蓝光激光束有效地输送到安装在高动态机械臂或机架系统上的激光加工头。

这款电缆超过了市场上最先进的蓝光激光器的要求, 它利用了一种经过验证的多千瓦技术平台, 并且能快速实现 2kW 的目标额定功率。

这款电缆为 405~550nm 的激光波长而设计, 可配



LLK-Q 连接器、LLK 汽车连接器, 满足汽车工业的要求。II-VI 还提供光纤到光纤耦合器, 方便组合激光电缆以实现更长的传输距离。

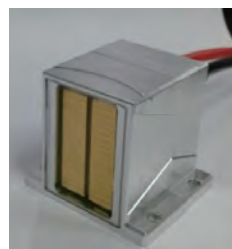
II-VI, www.ii-vi.com

华光光电推出1600W宏通道叠阵激光器

华光光电针对脱毛应用推出 808nm 1600W 宏通道半导体叠阵激光器, 该激光器采用双排结构, 发光区面积为 21mm×30mm, 在连续电流测试下的最大输出功率达到 1750W @ 60A, 波长-电流漂移系数达到 0.15nm/A, 处于业界领先水平。

该叠阵性能优良, 具有以下优点: (1) 高可靠性: 采用无铝应变量子阱生长技术, 避免了铝粒子的不稳定性; (2) 抗尖峰耐冲击: 巴条为特制脉冲专用巴条, 耐尖峰, 抗冲击; (3) 寿命长: 采用金锡封装工艺, 耐高温、大于两年 2000 万次的使用寿命; (4) 能量均匀, 大光斑, 脱毛面积大, 速度快。

华光光电, www.hggd.cn



2kW手持式激光清洗机

Laser Photonics 公司推出 2kW 的手持式激光清洗机 LPC 2000 CTH, 其完全满足生产环境中的健康和环境法规。

LPC 2000 CTH 使用高功率、节能的激光清洁各种材料, 非常适合工业生产中的高温环境, 如军用、造船和飞机维修设施以及涡轮机、喷气发动机和内燃机的维护和维修设施。这项技术已经被航空航天、汽车、军事和国防、发电、海洋和造船等行业的大公司采用。

LPC 2000 CTH 能清洗的材料包括铝、阳极氧化铝、合金、不锈钢、低碳钢、铜、黄铜、不透明塑料和瓷片等材料, 清洗速度快, 并且不会损坏工件的基底材料。

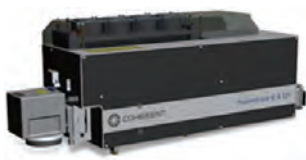
Laser Photonics, www.laserphotonics.com



UV激光光子系统实现高吞吐量塑料打标

相干公司新推出的打标子系统 PowerLine E 8 QT, 其采用 8W 紫外线激光器, 能在聚碳酸酯、有机玻璃、

PMMA 等透明和彩色塑料上实现高速打标,是微电子、医疗产品、汽车、包装等制造商的理想选择。



PowerLine E 8 QT 采用模块化的高性能扫描头和复杂的软件接口,操作灵活,能直接执行复杂的打标任务,如曲面上的 3D 打标、飞行打标、雕刻等。

PowerLine E 8 QT 是一个紧凑的空气冷却四级子系统,其易于集成、操作可靠。除了激光器和扫描头外,它还集成了功率传感器、机械安全快门和可见定位指示光。

相干公司, www.coherent.com

1550nm或1064nm超窄线宽激光器

LASER COMPONENTS

公司推出 1550nm 或 1064nm 的高性能超窄线宽单频激光器,线宽小于 1kHz,具有超低噪声、无与伦比的波长稳定性、小尺寸、低功耗、电信级寿命,且价格实惠。提供蝶形封装和 OEM 封装。



OEM 封装根据客户需要而设计,为高度集成的小尺寸独立模块,旨在缩短开发周期,并允许简单地集成到先进的光纤传感系统中。外部监控可通过 SPI、RS-232 或 RS-485 标准接口实现。

该激光器是高功率光纤和固态激光器、二次谐波产生和光学参数振荡器、光谱学和其他工业及科学应用、相干多普勒激光雷达、计量学和光学传感的理想光源。可选 SMF 或 PMF 尾纤,光功率可达 30mW。

LASER COMPONENTS, www.lasercomponents.com

提供五轴同步加工的激光微加工系统

GFH 公司的 GL.compact II 激光微加工系统,几乎能提供从微钻孔到精密铣削、再到激光车削的所有微加工过程。该 2100×1600mm 的系统,设计用于五轴同步加工,具有高精度导轨,以确保 X、Y 和 Z 方向具有 1 μm 的重复精度,采用直线电机,以获得最佳运动精度。



机器的底座和线性轴架采用花岗岩,这能在加工过程中减少材料混合并有助于保持温度稳定。机器中的所有热

源均采用主动水冷,包括所有轴驱动,以保持温度恒定。

提供可选光学模块,与所有商用超短脉冲激光源兼容。根据所选的光学元件和安装方式,该系统可以在五个轴上加工长达 200mm 的元件。

GFH, www.gfh-gmbH.de

面向电池制造的纳秒脉冲光纤激光器

SPI Lasers 推出平均功率为 250W 的最新纳秒脉冲光纤激光器 EP-ZredENERGY,该产品专



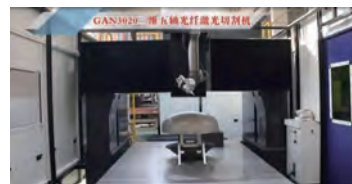
为满足电池制造的生产率要求而量身定制。该新产品作为 redENERGY 脉冲光纤激光器系列的新成员,具有增强的微加工和微焊接功能。

新型 250W EP-ZredENERGY 光纤激光器的峰值功率超过 10kW,包含在一个易于集成的水冷装置中,具有 1.5mJ 的脉冲能量,脉冲持续时间在 10~1400ns 间可选,非常适用于电池箔切割和焊接应用。

SPI Lasers, www.spilasers.com

奔腾激光三维五轴光纤激光切割机

奔腾激光研制的全新 GAN 3020 三维五轴光纤激光切割机,采用意大利进口专用三维切割头组



件,该切割头设计紧凑,性能优异,具备冷却、防护功能,适用于高功率激光加工,最大加工零件尺寸可达 3000mm×2000mm×800mm。

床身则采用整体焊接结构,基本结构由计算机模拟和有限元方法计算设计,保证结构的几何尺寸和刚性。加工过程经退火消除内应力后进行粗加工,经过二次振动时效处理后精加工而成,较好地解决了因焊接及加工而产生的应力,提高机床的稳定性。

采用意大利进口 Z32/Smartmanager 3D 专业三维数控系统,Z32 控制器均配有高分辨率解码器,以保证运动的平滑和精确度。Z32 还提供卓越的插补性能、PLC、多线程处理,并配有 TCP/IP 以太网功能。加工头快速更换,无需调节,即可从切割切换到焊接,一机两用。

奔腾激光, www.pentachutian.com

Advertiser	广告客户	网址	页码
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
贝林激光		www.bellinlaser.com	3
CAMBRIDGE TECHNOLOGY, A NOVANTA COMPANY		www.cambridgetechnology.com	1
CASTECH INC.		www.castech.com	27
C-TOUCH & DISPLAY SHENZHEN	2019深圳国际全触与显示展	https://sz.quanchu.com.cn/Exhibitors/czsqcn/	39
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/079-8611	11
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	25
MWCS	数控机床与金属加工展	www.metalworkingchina.com	41
LaserFocusCon	激光聚会	www.laserfocusworld.com.cn/LFC/2019/index.html	IFC
OVC EXPO	第十六届‘中国光谷’国际光电子博览会暨论坛	www.ovcexpo.com.cn	35
PRECITEC		www.precitec.cn/products	5
TRUMPF	通快	www.trumpf.cn	7
VisionCon	视觉系统设计技术会议		31
安扬激光		www.yslphotonics.com	IBC



www.laserfocusworld.com.cn

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)

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

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

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

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

US Offices

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

Editor in Chief
John Lewis
jlewis@endeavorb2b.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

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

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

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

Shenzhen (深圳)
Jenny Li (李文娟)
jennyl@actintl.com.hk
Gavin Hua (华北平)
gavin@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

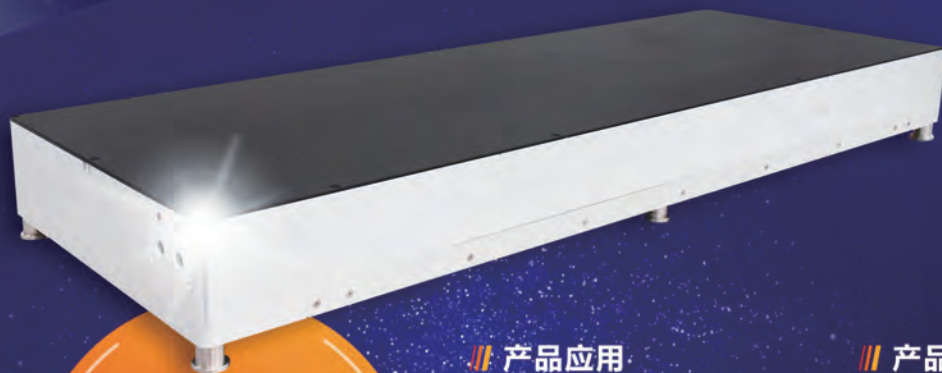
Europe & Middle East (欧洲及中东)

Europe

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

Israel

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



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

/// 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

20W
超连续谱光源



AEROTECH 纳米级定位科技

直线定位平台 • 旋转定位平台 • 垂直举升与Z轴平台 • 测角仪

**Aerotech生产之直线
奈米定位系统提供:**

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

**Aerotech生产之旋转
奈米定位系统提供:**

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



www.aerotech.com • +86 (21) 5508 6731