光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2018年3/4月 第2期
ISSN: 1817-6917

激光世界

LaserFocusWorld® China

准分子激光器应用呈现多样化发展趋势 14

2018年光子学领域五大发展趋势 8

一种新型激光打标机的研发及应用 20

高功率半导体激光器的过去和未来 32



ACT PennWell®

微信公众号

Bellin Laser

慕尼黑上海光博会
LASER PHOTONICS CHINA
2019.3.14-16
欢迎光临 贝林激光 展位：W2.2428

红外 MAX 75W
绿光 MAX 40W
紫外 MAX 30W

工业级皮秒激光器

「脉宽 <15ps」

「DPSS固体皮秒激光器」

「超过600台皮秒激光器销售及应用」

「应用领域：半导体、玻璃/陶瓷、OLED等」



皮秒

紫外 10W | 30W
绿光 5W | 15W | 30W | 40W
红外 2W | 10W | 30W | 50W | 75W

纳秒

紫外 <1W | 3W | 5W | 7W | 10W | 15W
绿光 8W | 12W | 25W
红外 定制

敬请关注微信公众号

联系方式

苏州工业园区苏虹中路77号 0512-87179103 www.bellinlaser.com

mks Spectra-Physics®

突破紫外激光器的新界线

紫外激光器性能的新典范，超高性价比与可靠性

新紧凑型 Explorer™ One™ HP 风冷紫外激光器

- 平均输出功率>4 W
- E-Track™ 快速能量控制
- 同级别最小巧的激光器
- 坚固可靠，适合24/7 应用



Talon™: 颠覆性性价比紫外激光器

- 紫外平均功率大于45 W，单脉冲能量>500 µJ
- 极低的购置成本，绝不妥协的参数及可靠性
- 使低成本高产出微加工成为可能
- 适合大批量生产应用



欲了解更多我们紫外激光器的相关信息，请访问我们的网站：
www.spectra-physics.com/products/q-switched-lasers/
或致电（邮） +86-10- 6267 0065 / info@spectra-physics.com.cn



14 封面故事

准分子激光器：

准分子激光器应用呈现多样化发展趋势

经过40年的发展，准分子激光技术已经获得广泛应用，并且仍在不断改进和提高。我们非常看好准分子激光器的前景。

8 市场风向标



2018年光子学领域五大发展趋势

随着新一年的开始，光子学领域的一些发展趋势已经非常显而易见，如激光雷达、激光增材制造等；而有一些趋势则可能还不那么明显。

18 应用天地



激光清洗

利用光纤激光器清除铁轨表面的锈蚀层

两款光纤激光器结合使用，实现高效率、高质量的铁轨锈蚀层清洗效果。

20 激光打标



一种新型激光打标机的研发及应用

一种基于DELTA构型的新型激光雕刻打标机，以高性价比满足了教学演示和创客创新的应用需求。

24 激光热处理



动态光斑整形软件改善激光热处理

通过软件动态改变扫描激光束的参数，根据实际应用情况动态调节热量分布。

26 可穿戴技术

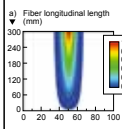


光学技术推进可穿戴设备快速发展

毫无疑问，尚处于产品原型阶段的光子可穿戴技术，将会以比我们想象得更快的速度，进入消费市场。

技术中心

30 光纤设计



大模场渐变折射率光纤设计提升光纤激光器功率

研究人员采用不同的方法，改变常规阶跃折射率光纤设计，使其既能降低泄漏损耗，又能保持高阶模式抑制。

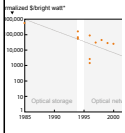
31 光纤激光器



选择光纤激光器的四大原因

现在有越来越多的公司开始投资光纤激光器。文章从速度、能源效率、寿命和功率四方面介绍了选择光纤激光器的理由。

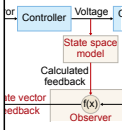
32 激光二极管



高功率半导体激光器的过去和未来

随着效率和功率的不断提升，激光二极管将继续取代传统技术，从而改变事物的制造方式并促成新事物的发展。

35 光束控制



激光材料加工驱动新的伺服控制技术

数字伺服技术不断加强现有和新兴的激光材料加工应用。预计下一代数字伺服系统将会改进和支持新的应用需求。

访谈

40 核心竞争力



光纤技术的发展，实现了光纤激光设备在诸多市场领域大规模生产中的广泛应用。

6 编者的话
10 前沿简讯
44 产品撷英
48 广告索引

关于《激光世界》

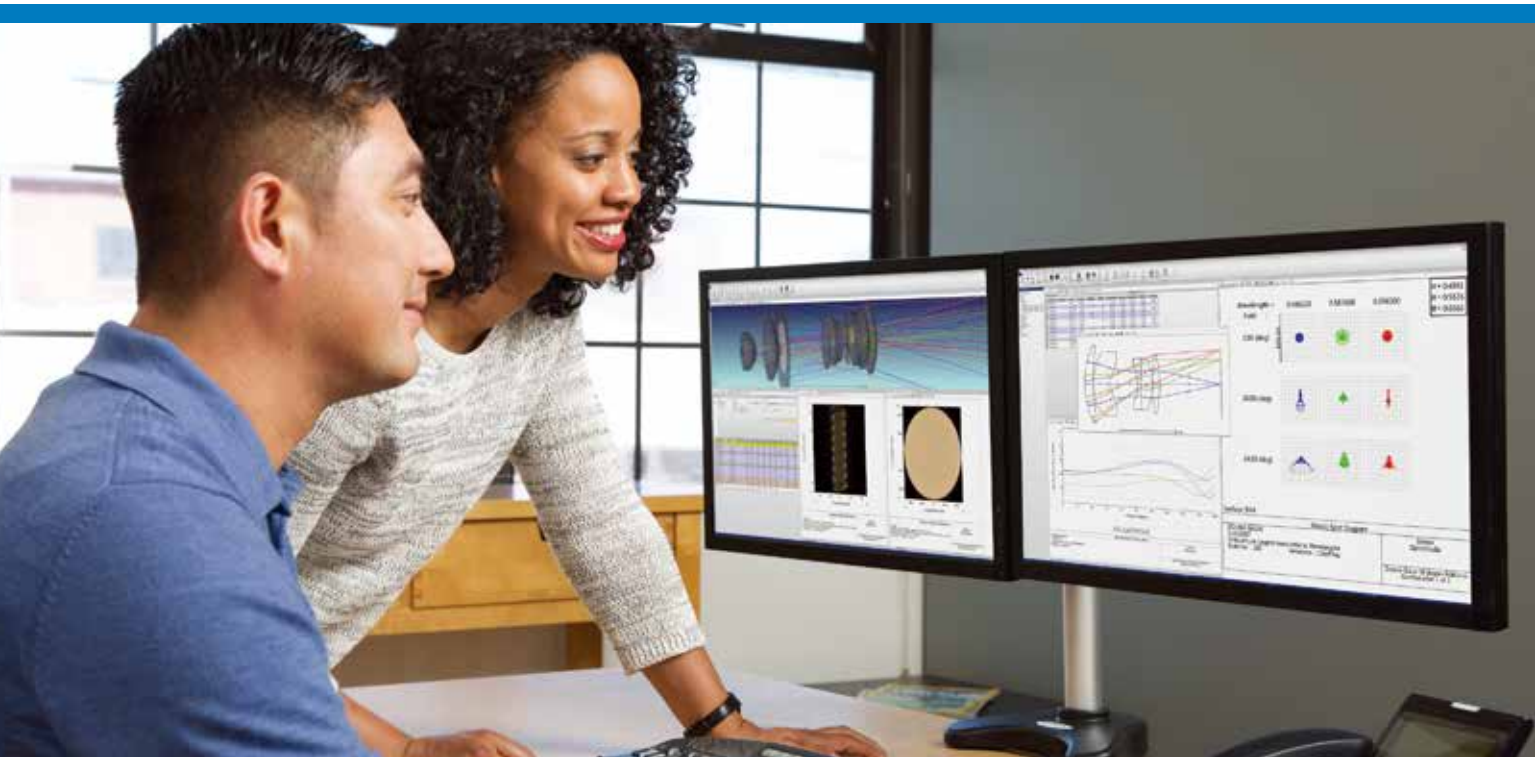
《激光世界》杂志创刊于 2005 年，是世界著名杂志《Laser FocusWorld》杂志的中文版本，也是在中国市场为激光与光电子行业的工程师、研究人员、科学家以及专业技术人员提供的专业期刊。《激光世界》的内容涵盖全球激光与光电子技术、工业与科研应用、市场信息以及中国本地市场的相关报道。

《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

Zemax



光学设计的未来

提升光学性能 • 缩短上市时间 • 降低成本

Zemax 原型样机仿真利用 OpticStudio 和 LensMechanix 的强大功能来简化光学与机械工程师之间的工作流程。无论是开发用于巡逻捕鱼水域的无人机还是高分辨率大脑成像显微镜，工程师都可以通过仿真样机在产品开发早期就发现错误。采用 Zemax 方案的企业取得了令人瞩目的成果，不仅减少了开发过程中工程师往复沟通的繁琐过程，同时产品的快速上市帮助他们抢占先机，收益更多。



白皮书：

了解原型样机仿真设计如何加快产品上市速度。

扫描右侧二维码，关注后回复“白皮书”，获取免费下载链接。

Zemax

APAC CIOOutlook TOP 25
SIMULATION
SOLUTION PROVIDERS - 2017

联系我们: China@zemax.com



14 COVER STORY

Excimer Laser

The application of excimer laser presents a diversified development trend

After 40 years of development, excimer laser technology has been widely used, and is still being improved and improved. We are very optimistic about the prospect of the excimer laser.

8 MARKET WATCH



Five photonics trends for 2018

As the new year begins, a few trends in photonics such as lidar or additive manufacturing are obvious, while others may be less apparent.

18 APPLICATIONS



Laser leaning

Cleaning the rusty layer on the rail surface with fiber lasers

Two fiber lasers are used in combination to cleaning the rusty layer on the rail surface and achieve high efficiency and high quality cleaning results.

20 Laser Marking



A new type of laser marking machine used for teaching demonstration and innovation

A new type of laser engraving & marking machine based on DELTA configuration is used to meet the needs of teaching demonstration and innovation.

24 Laser Heat Treatment



Dynamic Spot Shaper software improves laser heat treatment

The parameters of a scanned laser beam are dynamically altered by software, tailoring heat distribution to the application.

26 Wearable technologies

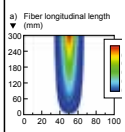


Advancing wearable technology with light

No doubt that photonic wearable technologies still relegated to the prototype stage will reach consumers sooner than we think.

TECHNOLOGIES CENTER

30 Fiber Design



Large-mode-area graded-index fiber design to boost fiber-laser powers

Researchers have taken a different approach by changing the conventionally step-index fiber design, which reduces leakage loss while maintaining the higher-order-mode suppression of the conventionally design.

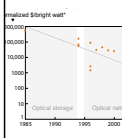
31 Fiber Lasers



Four reasons to choose fiber lasers

More companies than ever before are investing in fiber lasers. The article introduces fiber lasers advantages in speed, energy efficiency, lifetime and laser power.

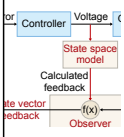
32 Laser Diodes



The power of brilliance -- the past and future of high-power semiconductor lasers

With continuously improving efficiency and power, laser diodes will continue to displace legacy technologies, both changing the way things are made and enabling new things to be made.

35 Beam Steering



Laser materials processing drives new servo control technologies

Digital servo technology continues to enhance existing and emerging laser materials processing applications. Next-generation digital servos are expected to improve and support new application requirements.

40 INTERVIEWS



The Strength

Fiber optic technology equips fiber laser machines for mass production applications in multiple markets.

6 EDITOR'S NOTES
10 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.



小身材 大功力

PROCUTTER 智能切割头 – 提供激光钣金切割全面解决方案

PRECITEC

MADE IN GERMANY

如果快速且精密的加工方式是钣金切割和管材切割必不可少的条件，那么ProCutter智能切割头系列是您不容错过的选择。不论是薄板还是中厚板，ProCutter切割头都能满足您对品质和效率的需求



登陆网页或关注微信公众号
了解更多产品详情

www.precitec.de/cn/products

普雷茨特 激光切割的精益之道

欢迎莅临普雷茨特上海光博会
展台：**W2-2412**
2018.3.14 - 3.16

www.precitec.de

把握 2018 年行业增长点

对于工业光子学而言，2017 年可以说是疯狂增长的一年，全球制造业向着高度自动化发展，带动了产业链条上的很多领域，激光和光子学领域的很多公司都在 2017 年收获了丰收的喜悦。随着新一年的开始，激光和光子学领域又有哪些值得密切关注的发展趋势呢?

随着自动驾驶汽车浪潮一波接一波，激光雷达技术火了。这是一项存在已久的技术，在被用作自动驾驶领域的关键技术后，这个原本平静的市场开始躁动起来。进军激光雷达领域的新老公司接连不断，涉及激光雷达的企业并购此起彼伏，很多汽车厂商通过并购来实现资源的垂直整合，所有这些都是自动驾驶市场“惹的火”。自动驾驶汽车领域也吸引了大量资本入注。

再来看看自动驾驶汽车在国内的实际使用情况。虽然去年 7 月百度 CEO 李彦宏就已经乘坐自动驾驶汽车去北京国家会议中心参会，但是政策上对自动驾驶汽车一直非常谨慎。但最近好消息突然降临，3 月 1 日，上海市政府正式发布并实施《上海市智能网联汽车道路测试管理办法（试行）》，允许智能网联汽车在指定的开放道路上进行测试。自动驾驶技术的测试从此前的封闭道路转向开放道理，使该技术向着走入大众日常应用迈出了一小步，至于什么时候自动驾驶汽车能自由上路我们尚不可知，但是自动驾驶汽车的发展必将带动激光雷达市场的发展。

激光增材制造市场开始启动，基于全球庞大制造业的支撑，这是一个非常可观的市场。据悉去年 11 月份在法兰克福举行的第三届 formnext 展会，规模就能与 Photonics West 相媲美了。市场调研公司 Optech Consulting 的数据显示，过去五年，激光增材制造市场年均复合增长率高达 25%。在 3 月初刚刚结束的亚洲 3D 打印、增材制造展览会（TCT）上，通快、雷尼绍、GE Additive、江苏永年激光等国内外企业都展示了激光金属 3D 打印机，它们能够制造结构更复杂的零部件，将对航空航天、机械、制造、医疗等行业产生积极的促进作用。最近几年，涉足激光增材制造的厂商越来越多。

激光清洗是一个开始暂露头角的新应用。随着环保意识地增强，清洗行业开始向着更加环保的激光清洗发展。它以环保、无接触损伤、操作便捷等优势，正在快速吸引市场的关注，目前主要用于清除油污、除锈、除漆、除氧化层等，可使零部件快速翻新。

半导体激光器的发展潜力依然巨大，它的应用领域会继续扩张，很多直接应用甚至会颠覆传统。

另外，再有一周慕尼黑上海光博会又要开幕了，想了解新的行业发展动向，大家不妨到展会上去走一走，看一看。❑

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

免费赠阅咨询
电话 (86) 755 2598 8571
传真 (86) 755 2598 8567
电邮 lfwc-subs@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 belforte@pennwell.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

PennWell

尖端技术部通讯与光电子分部
集团出版人 Christine A. Shaw
电话 (1) 603-891-9178
电邮 christines@pennwell.com
副出版人/总编辑 Stephen G. Anderson
电话 (1) 603-891-9320
电邮 stevega@pennwell.com
高级编辑 John Wallace
电话 (1) 603-891-9228
电邮 johnw@pennwell.com
高级编辑 Gail Overton
电话 (1) 603-305-4756
电邮 gailo@pennwell.com
管理编辑 Carrie Meadows
电话 (1) 603-891-9382
电邮 carriem@pennwell.com
执行助理 Katherine McIntosh
电话 (1) 603-891-9224
电邮 katherinem@pennwell.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
高级副总裁/出版主任 Christine A. Shaw
读者服务主任 Gloria S. Adams

地址 Laser Focus World, 98 Spit Brook Road, LL-1, Nashua, NH 03062-5737
电话 (1) 603-891-0123
网址 www.laserfocusworld.com

ISSN 1817-6917
© 2018 版权所有 翻印必究



共求领先与创新
追求卓越

无论是切割超高强度的钢材，研究单个细胞，开启全新的制造模式，还是探索未知领域的奥秘，相干公司都能助您成功。从材料加工到生命科学，从微电子制造到科学研究，相干公司都能为您提供性能优异可靠的光学技术解决方案。

了解更多信息，欢迎访问我们的网站coherent.com/excellence

COHERENT®
Superior Reliability & Performance

2018 年光子学领域五大发展趋势

随着新一年的开始，光子学领域的一些发展趋势已经非常显而易见，如激光雷达、激光增材制造等；而有一些趋势则可能还不那么明显。我总结了2018年光子学领域比较值得关注的一些发展趋势。

文/Andreas Thoss

对于工业光子学而言，2017 年是不可思议的一年：通快和 IPG 等市场领导者都获得了两位数的高收入增长，相干收购罗芬也获得了非常好的效果。2017 年，光纤激光器拿走了超过 40% 的市场份额已经毫不奇怪，但是准分子激光器带来的好消息可能并不是每个人关注的焦点。得益于极紫外辐射（EUV），古老的 CO_2 激光器也迎来了新的市场前景。

在诸多喜人的数字背后，是半导体设备领域近 560 亿美元的创纪录支出。卡尔蔡司公司 CEO Michael Kaschke 表示，“2017 财年是卡尔蔡司历史上最成功的一个财年，其中 SMT 部门的业绩增长了 25%，而这个增长背后的主要驱动市场来自半导体行业。”

激光雷达

几十年来，激光雷达技术一直都用于分析大气中的气体和污染物分布，然而最近几年，激光雷达已经成为了自动驾驶领域的关键技术。在谷歌搜索引擎中简单搜索一下，就能显示活跃在激光雷达领域的超过 50 家公司名单。

激光雷达市场火爆起来的一个重要指标，可能就是最近该领域频繁的并购活动。通用汽车在 2017 年 10 月收购了一家 11 人的初创公司。这不是第一次并购，也不会是最后一次。通用汽车意欲成为自动驾驶领域的垂直性综合公司。另一家公司 Alphabet's Waymo，也宣布了类似的意图。照明巨头欧司朗收购了激光雷达公司 leddartech 25% 的股份；福特的自动驾驶部门 Argo 收购了 Princeton Lightwave 公司。针对激光雷达的并购，热闹非凡。

因此，2017 年是许多新的合作伙伴和投资者进入自动驾驶市场的一年，但最有趣的问题仍然是：自动驾驶汽车什么时候会出现到你附近的汽车商店中？ Luminar 公司的 Jason Eichenholz 认为这将在 2021 年成为现实。Luminar 公司已经加大了 2018 年的制造规模。激光雷达市场上的另一位领导者 Velodyne 公司，也做出了类似的举措。

VCSEL市场进入上升管道

另一个有趣的市场趋势发生在垂直腔面发射激光器（VCSEL）领域。随着苹果公司宣传向 VCSEL 制造商 Finisar 投资 3.9 亿万美元，最近 VCSEL 激光器开始引来市场关注。苹果已经在 iPhone 8 中使用 VCSEL（主要来自 lumentum 公司）。苹果在 2017 财年第四季度表示，其购买的 VCSEL 晶片量，比全球“同期”制造的 10 倍还要多。

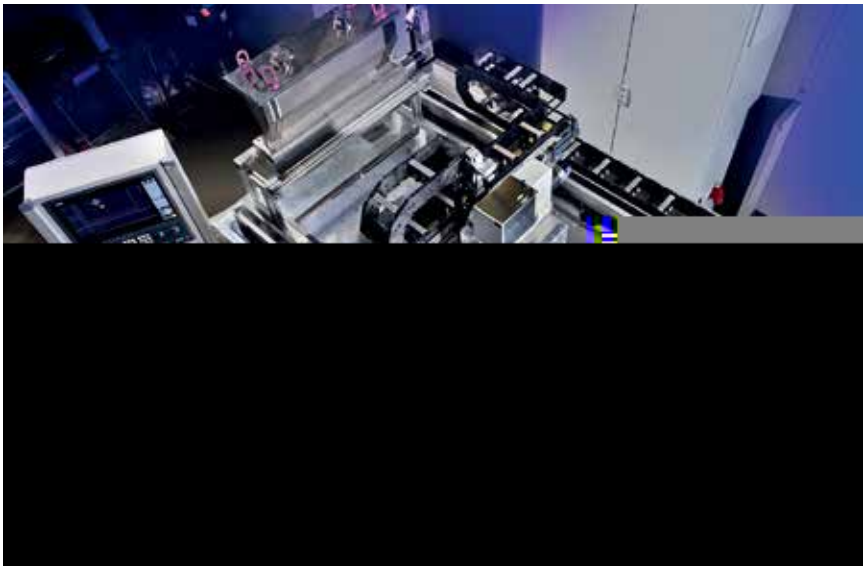


图1：2017年11月在德国法兰克福举办的formnext展会上，Fraunhofer ILT展示了用于大规模制造的下一代增材制造设备。

VCSEL 技术为深度传感和 3D 图像采集提供了廉价的集成解决方案。我们现在已经在智能手机上体验到了这种技术，但这可能仅仅是个开始。

增材制造

了解增材制造技术进展的最好去处，当然是去年 11 月份在法兰克福举行的 formnext 展会。2017 年是第三届 formnext 展会，共吸引了全球超过 21000 名参观者和 470 家参展商的到来，目前这个新兴展会的规模已经能与 SPIE Photonics West 等老牌展会媲美。

最近笔者获得 Optech Consulting 公司 Arnold Mayer 的证实，在过去的五年中，基于激光的增材制造市场年均复合增长率为 25%。Boston Consulting Group 预测，工业化增材制造市场的年均增长率高达 30%。

基础研究：使美国再次强盛?

2017 年，中国利用其自己发射的墨子号量子卫星，实现了距离超过 1200 公里的量子加密通信。这一新闻让世界同行震惊。

2018 年，欧洲 10 亿欧元的量子技术旗舰计划（Quantum Technology Flagship）申请资金将启动。随之而来的还有大约 24 项国家举措。中国将有持续强大的政府资金和私人投资：2017 年 10 月，阿里巴巴集团宣布计划在三年内，向包括人工智能和量子计算等新兴技术研究领域投资 150 亿美元。

在美国，国家光电计划（National Photonics Initiative）发布白皮书，呼吁国家量子计划（National Quantum Initiative）和 5 亿美元基金支持。这导致美国众议院在 10 月 24 日召开了一次“美国在量子技术领域的领导地位”听证会。

美国科学家又一次发出了强烈呼声。12 月 12 日，美国机械工程师协会（ASME）与国家光电计划（NPI）发布简报，“激光为美国带来什么：驱动科学、国家安全、制造业、健康和美国竞争力的进步。”

呼吁的重点是高强度超快激光器。在过去的几十年里，超快激光器领域一直由美国实验室主导，但研究指出，现在这种情况已经改变。目前，现有 80%-90% 的高强度激光系统都处于美国之外，而且目前正在建造的所有最高功率的研究激光器，也不在美国。

今年，欧洲的极端光基础设施（European Extreme Light Infrastructure，ELI）已经开始运转。ELI 项目的投资大约为 10 亿欧元，其正在引领新一代高强度激光系统。它的目标是更高的激光强度、更高的重复频率、更短的脉冲，同时降低能量消耗。

尽管 ELI 可能看起来是纯粹用于基础研究，但是其对应用层面有着极大影响：例如，基于激光的粒子加速器可以为医学治疗提供新的辐射源；高重复频率、高能系统可以产生新一代高效材料加工设备。

总之，ELI 这个新的基础设施以及亚洲的类似项目，将会引起年轻人才的更多关注。目前，ELI 项目已经在各地雇用了近 1000 人。2018 年关注美国对此项目的反应将是一件非常有趣的事。

因此，2018 年将会是非常有趣的一年。虽然大多数行业会欣欣向荣，但似乎一些基础研究领域的决策，可能会改变已经形成多年的行业格局。❑

顶尖 PINNACLE
Your Strategic Partner in Photonics

LIGHTHOUSE PHOTONICS 单频CW绿光DPSS激光器
•波长：532nm
•功率：5，6，8，10W
•线宽：<MHz
•光束质量：1.0-1.1
•功率稳定性：<±0.25%rms
•噪声：低噪声NET款：<0.02%rms



BATOP optoelectronics THz光谱仪
•光谱范围：0.05-4.0THz
•光谱分辨率：<2GHz
•动态范围：≥85dB
•最大扫描范围：650ps



Rainbow Photonics 时域光谱测量系统



•可频率范围：0.3-14THz（透射），0.3-8THz（反射）
•动态范围：>70dB（透射），>40dB（反射）
•信噪比：>60dB（透射），>35dB（反射）
•光谱分辨率：<0.01THz

关注“顶尖科仪”微信平台：
(A) 扫一扫左图二维码
(b) 在“查找微信公众帐号”中输入“顶尖科仪”，即可添加“顶尖科仪”为好友，我们将及时与您分享顶尖科仪的最新信息。

顶尖科仪部分代理厂家（以开头字母排序）

A·P·E　ATL LASERTECHNIK　AVESTA
BATOP optoelectronics　DUMA OPTRONICS LTD.　HENGTEK
HAMAMATSU　H+P SPECTROSCOPY　laserpoint
LIGHTHOUSE PHOTONICS　MenloSystems　moglabs
onefive　INFRARED　OSTECH
mikron　SOLAR LASER SYSTEMS　Xiton Photonics

顶尖科仪（中国）股份有限公司
Pinnacle Scientific (China) Corporation
+86-571-88225151 | sales@psci.cn | www.psci.cn
微博：http://weibo.com/pinnaclesci

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

可用于治疗皮肤疾病的激光织物

最近，法国 Texinov 公司科学家开发出了一种激光针织面料，其通过使用激光照射皮肤，能在大约两个半小时的时间内，皮肤炎症或病变进行治疗。

该公司表示，这种新发现在临床试验中堪称是一种奇迹般的治疗方法，而这种无痛激光织物也将成为市场上治疗不良皮肤疾病的最快技术，无任何副作用。

这种新型激光织物名为 FLUXMEDICARE，可用于治疗甚至治愈许多皮肤疾病，如痤疮、帕哲病、牛皮癣以及其他疾病。该织物是与泛欧卫生联盟 PHOS-ISTOS 合作完成的。它的工作原理是将光敏剂乳膏覆盖在患处，然后用发光纺织物裹住整个病变皮肤。编织到该织物中的光纤将加快氧气和位于皮肤下面的乳膏之间的反应。



Texinov 公司研发总经理 Nadege Boucard 博士解释说：“FLUXMEDICARE 在治疗皮肤病方面是史无前例的。由于该发光织物包裹着患者的独特轮廓部位，因此我们研发的设备发出的光线，在接受治疗的每个部位都是相同的，这意味着光束是均匀的。”

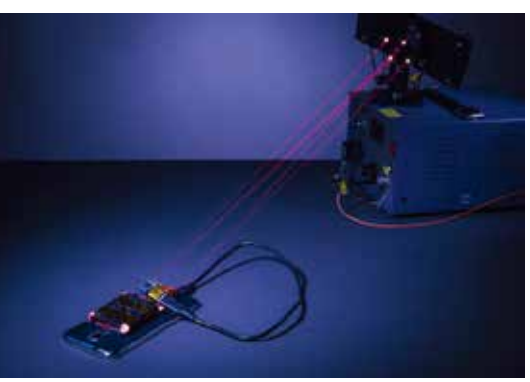
在 FLUXMEDICARE 问世之前，唯一用于治疗皮肤病如光化性角化病的技术是光动力疗法（PDT），患者需要站在通过平板玻璃发出光线下的灯下。随着治疗强度的加大，这种技术会导致严重的疼痛，甚至发红。接受这种 PDT 的患者经历的疼痛等级高达 7 级（最高疼痛为 10 级），烧伤和红肿还会持续数日。

在德国临床接受 FLUXMEDICARE 设备治疗的患者表示，平均疼痛等级在 0 到 1 之间。Boucard 表示：“相比于之前的疗法，我们开发的新技术疼痛等级下降了近 90%，而且治疗效果也非常好。此外，对于患者和临床医师而言，FLUXMEDICARE 也易于使用。”

对于医疗团队来说，新型 FLUXMEDICARE 设备的价格更便宜。预计这款产品将在 2018 年 4 月投入商用。❑

近红外激光系统实现智能手机安全充电

华盛顿大学的研究人员已经设计并实验验证了一种基于激光的无线充电系统，其可用于为智能手机和其他设备充电。研究人员表示，该系统可提供超过 2W 的稳定功率，能在 4.3 米和 12.2 米的距离内，分别为智能手机（25cm^2）和桌面接收器（100cm^2）安全充电。



该系统使用一个高功率激光二极管作为光源，输出波长 978nm，使用两个导向镜将光束引导到接收器；接收器上有光伏电池、散热器和后向反射器；一个低功率保护激光束作为安全锁（使用后向反射器），如果激光束被人体截获，则在 272μs 的时间内快速关闭高功率激光束。低功率光束比高功率光束宽，以确保高功率光束在接触到人之前被关闭。

“安全性是我们设计本系统的重点，”研究人员 Shyam Gollakota 说道，“我们设计、建造并测试了这种基于激光的充电系统，它具有一种快速响应的安全机制，确保激光发射器在人进入激光路径之前，终止充电光束。”❑

II-VI

慕尼黑上海光博会
LASER World of PHOTONICS CHINA
上海新国际博览中心 2018年3月14-16日
欢迎光临我们的展位: **W3.3430**

光纤激光镜片





10KW可调光斑切割头



激光焊接头



光纤光缆

红外光学材料
– 硒化锌
– 硫化锌
– 硫化锌多光谱



CO_2 激光镜片
– 聚焦镜
– 反射镜
– 扫描激光系统



贰陆红外激光（苏州）有限公司
电话：+86-512-6761-9295 传真：+86-512-6767-1207
电邮：infosz@ii-vi.com.cn 网址：www.ii-vi.com
地址：江苏省苏州市工业园区星汉街5号D幢01楼01-02单元

福特利用 Stratasys 3D 打印技术生产汽车配件

美国汽车制造商福利用 3D 打印技术、400 多款新机器人以及增强的数据分析功能，来增加其新型林肯领航者和福特远征者 SUV 的生产量。

“顾客需求的激增”是福特提出增加其两款最新 SUV 产品——林肯领航者和福特远征者的原因。为了满足这一需求，汽车公司在肯塔基卡车工厂投入 2500 万美元，使该工厂的总投资达到 9.25 亿美元。

为了帮助肯塔基卡车厂实现新的生产目标，该工厂自去年秋季以来已经增加了 25% 的新技术，其中包括 400 台用于 SUV 生产的新型机器人，以及增强数据分析技术，以帮助工厂更高效地运作。此外，福特还使用了 Stratasys 的 Fortus 380mc 3D 打印机。福特表示，增材制造能使工人更快速、更便宜地制造零件和工具，从而使他们能够 3D 打印单个零件，保证工厂运行所需的工具。



过去，在福特公司生产原型零件时，使用传统方法需要 8 到 16 周的时间，仅在工具上就花费了 25 万美元。使用 3D 打印来制作类似的零件，可能需要几天 (有时仅需几个小时)，花费只需几百到几千美元。3D 打印技术帮助福特大幅缩减了生产周期，同时还降低了成本。

去年，福特测试了 Stratasys 针对大型汽车零部件制造的无限 3D 打印系统，福特新任命的首席执行官 Jim Hackett 也表示愿意尝试像增材制造这样的未来技术。❑

全球激光熔覆设备市场到 2021 年 CAGR 将超过 8%

市场研究公司 Technavio 的分析师预测，全球激光熔覆设备市场将在未来几年内保持稳定增长，到 2021 年的复合年增长率（CAGR）将超过 8%。市场对额外的修复加工需求，将对激光熔覆系统的增长产生积极影响。

在预测期内，激光熔覆系统市场持续获得牵引力的主要因素之一是：增材制造技术在全球范围以及各行各业的应用不断增长。增材制造技术通过获取物体的 3D 打印模型，从而使具有复杂设计的产品在增材制造的帮助下，轻易通过概念化手段，以更高的精度被打造出来，如今已被广泛视为生产定制化产品的理想手段。



增材制造技术正越来越多地被航空航天、汽车和医疗植入物等行业广泛使用，以设计和制造具有终端用途的产品。其中，包括选择性激光烧结（SLS）、立体光刻（SLA）、激光熔化沉积（LMD），以及选区激光熔化（SLM）等在内的激光增材制造技术，也以其各自独特的加工优势受到广泛关注，这也促进了激光熔覆技术的需求增长。

2016-2017 年间，航空航天应用是激光熔覆设备市场的主要应用领域。不断提高燃料效率的需求，推动着各类工业激光系统在航空航天领域的快速增长。而全球国防预算的持续增长，也将推动全球商用飞机的产量，并最终促进激光熔覆市场的增长。

从地域来看，过去两年内，美洲是全球激光熔覆设备市场的主要市场，预计在整个预测期内将继续保持主导地位，主要是美国的石油和天然气工业、飞机制造业和汽车制造业合力推动了激光熔覆技术在该地区的发展。❑



精确度
吞吐量

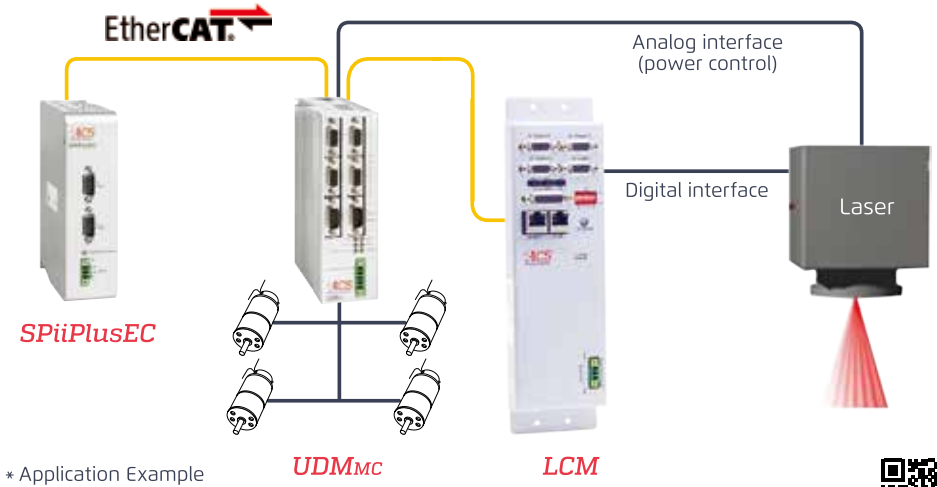
智能运动

专注于激光微加工

Accuracy.
Throughput.

Smarter Motion
For Laser Micromachining

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

准分子激光器

准分子激光器应用呈现多样化发展趋势

文/Ludolf Herbst，Coherent Laser Systems GmbH 产品线经理

世界上首台商用准分子激光器由 Lambda Physik（现隶属相干公司）于 40 年前推出。虽然此后出现了众多其他激光技术（例如半导体泵浦固体激光器和光纤激光器），但是准分子激光器从未退市。实际情况恰恰相反，准分子激光器的应用范围呈现不断扩大并向多样化发展的趋势。可以说，如今很少有其他激光技术对我们日常生活的影响能超过准分子激光器。下面，我们将集中介绍准分子激光器的特性及其主要应用。

独特的激光输出特性带来独特优势

准分子激光器以独特方式将深紫外（UV）波长输出与高脉冲能量结合在一起；实现这种结合是其得到广泛应用的关键所在。因为这种特性组合，目前尚无任何其他技术能挑战准分子激光器在市场应用中的地位。在材料加工领域，短波长能够以极高分辨率实现极微小特征的加工；这是因为（基于衍射原理，光学分辨率与激光波长成反比）衍射的物理原理定义了光学分辨率与波长间的直接比例关系。高脉冲能量结合高重复频率，在保证高产能的同时缩短了生产时间（生产单位产品所需的总时间）。

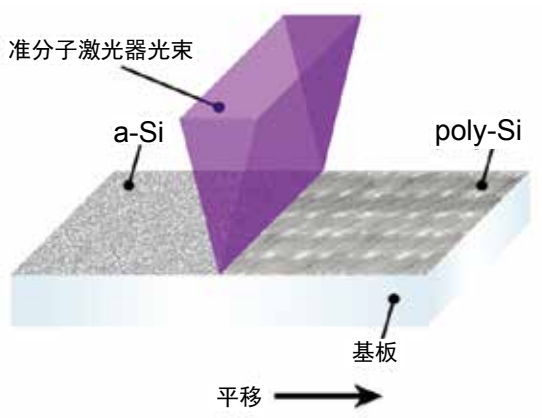


图 1：ELA 工艺示意图。

从实践（实用）角度看，准分子激光器能在市场上拓展其应用范围，一方面是因为制造商花费大量精力，根据特定应用，定制了准分子激光器的输出特性。另外一个重要原因则是，激光器生产商极大改善了准分子激光器的服务特性、并降低了它的总拥有（使用）成本，让准分子激光器与其他激光和非激光技术相比更有竞争力。

显示屏制造

使用准分子激光器进行激光退火，可以满足几乎所有高端智能手机的显示屏制造，尤其是基于有源矩阵液晶显示屏（AMLCD）和有源矩阵有机发光二



图 2：相干公司的 LineBeam 1000/TwinVYPER 系统是当今制造高分辨率 LCD 和 AMOLED 手机显示屏的标配设备。

极管（AMOLED）的智能手机。这两种显示屏技术所用的背板均包含一块玻璃基板。大量薄膜晶体管（TFT）在这块玻璃基板上由一层硅薄膜光刻成型。

利用大面积 CVD 沉积可生成非晶硅（a-Si）。通过将非晶硅薄膜转换成多晶硅（poly-Si），可以提高电子迁移率，从而让微小的 TFT 具备卓越的电气特性，进而降低显示屏功耗并提高分辨率。

非晶硅层通过准分子激光退火（ELA）的工艺流程，转换（转变）成多晶硅。具体来说，就是使用准分子激光器的脉冲光束对非晶硅膜进行扫描（非晶硅膜可有效吸收准分子激光器输出的波长为 308nm 的激光能量）。非晶硅膜的这种高效吸收特性，再加上准分子激光器的高脉冲能量，不仅让非晶硅有效熔化，还能有效防止紫外光渗透至基板内部，从而避免了热应力，让使用经济的玻璃材料来制造基板成为现实。

生产作业在大面积玻璃板（例如 Gen 6，1.5m × 1.8m）上进行，随后再将大面积玻璃板切割成大量单独的显示屏。在 ELA 系统中，准分子激光器的矩形光斑经过整形匀化处理，形成能量分布均匀的细长光束（其长度通常等于玻璃板宽度，或玻璃板宽度的一半）。激光束扫描整块玻璃板一到两趟便可完成加工作业，这对于实现必要的加工利用率（高加工效率）和高产能至关重要。20 年来，相干公司（及其前身 Lambda Physik）一直是 ELA 领域的开拓者。

这种成功得益于在高功率准分子激光器技术和紫外光学系统方面均取得了显著的技术进步，因此产生了高脉冲能量和能量分布均匀的线型光斑——这也正是实现大尺寸显示屏均匀退火的必要条件。

激光剥离技术

在智能手表、智能手机和其他便携式微电子产品的生产中，柔性显示屏变得越来越不可或缺。但是，由于柔性显示屏中使用的薄塑料基板过于柔软，无法使用常规工具处理。因此，显示屏电路通常需要预先放置到涂有



聚合物的刚性玻璃载体上进行加工，器件完成切割后再与玻璃衬底分离。

与其他热剥离或化学剥离技术相比，激光剥离技术（LLO）是将显示屏与其衬底分离的首选方法。在 LLO 工艺中，紫外光的高脉冲能量输出整形聚焦成一条细长光束。加工时该光束穿（透）过透明玻璃载体，在基板上扫描一次。该光束宽度等于整块板材宽度，就目前这一代显示屏而言，这一宽度可能会超过 1 米。由于该光束能量极易被聚合物吸收，仅能烧蚀结合部位薄层中的材料，从而使器件立即从载体脱落，并不会对显示屏电路造成任何损伤。

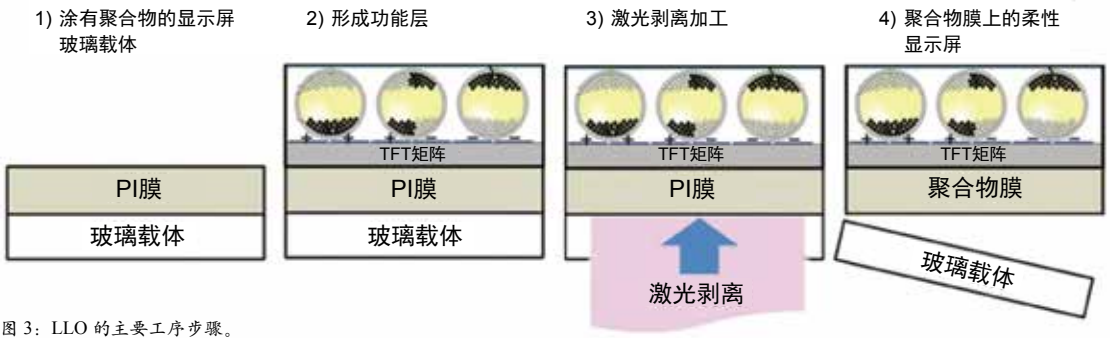


图 3：LLO 的主要工序步骤。

如今波长为 308nm 的准分子激光器已成为 LLO 生产中最常用的激光光源。原因在于，这种准分子激光器既能提供高脉冲能量，又能整形聚焦成沿各轴能量均匀分布的光束（平顶光束）。这样，只需一到两个激光脉冲便可处理板材上的每个点，并且相邻脉冲间几乎无重叠。由此获得的工艺窗口比使用高斯能量分布的激光源大得多。而且使用其他激光器会产生较大的脉冲重叠区域，光束能量分布却不如准分子激光器均匀。

准分子激光器的独特之处还在于它提供“按需脉冲”。也就是说，准分子激光器实际上仅在加工时才工作，其他时间（例如加载和卸载板材时）则处于空闲状态。这可以降低运营成本，并延长激光器和光学器件的维护周期。高能量紫外固态激光器根本无法做到这一点。它必须在连续工作时才能保持稳定的输出特性。因此，使用准分子激光器时，可以最大程度降低每块板材的加工成本，并满足每小时 10,000 块智能手机显示屏的产率。

脉冲激光沉积

YBCO（钇钡铜氧）等所谓的“高温超导体”材料在温度高于 77K（液氮温度）时超导电性也非常好，这种材料已经应用到电缆、故障限流器和变压器等商业应用中。要想实现更广泛的部署，此技术面临的最大局限是 YBCO 涂层导体在全球范围内产量很小。准分子激光器在扩大其产量方面扮演着重要角色。

具体来说，准分子激光器可以使用脉冲激光沉积（PLD）技术将 YBCO 薄膜沉积在长长的柔性基板带上，从而实现卷对卷生产过程。在 PLD 中，脉冲激光束会快速烧蚀靶材，从而生成高能等离子体羽流，该羽流从靶材向外传播并沉积在卷带上。与其他沉积方法相比，PLD 的主要优点是沉积薄膜内各成分的化学计量关系与靶材一致，从而保留 YBCO 的关键电气属性。

PLD 系统利用一个 308nm 准分子激光源，将激光分成几个光束，从而在靶材上创建多个羽流。卷带盘绕在几组大直径辊上，并多次穿过沉积区，直至达到所需的层厚（通常为 1~2μm）。对于宽度 4~12mm 的卷带，加工速率可达 0.5~200m/h。

光纤布拉格光栅（FBG）刻写

沿着激光传播方向对光纤纤芯折射率进行周期性调制，即可形成光纤布拉格光栅（FBG）。FBG 可被用作反射器或者滤光片，在电信领域广泛使用，或者被当成谐振腔端镜，广泛使用于光纤激光器中。此外，它还被用作温度和压力（或机械运动）传感器。这是因为环境温度或机

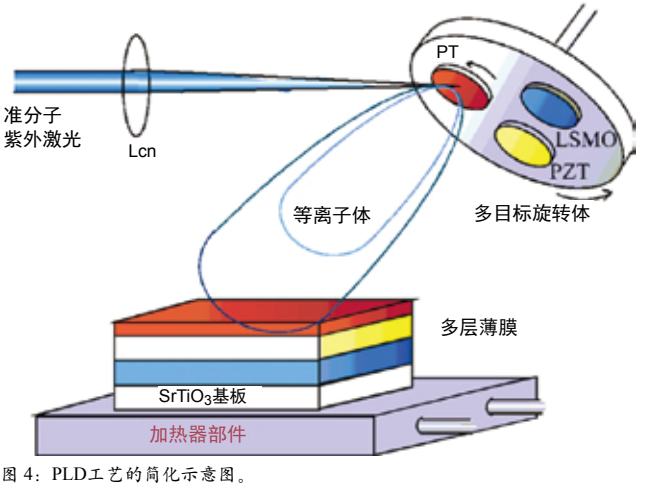


图 4：PLD工艺的简化示意图。

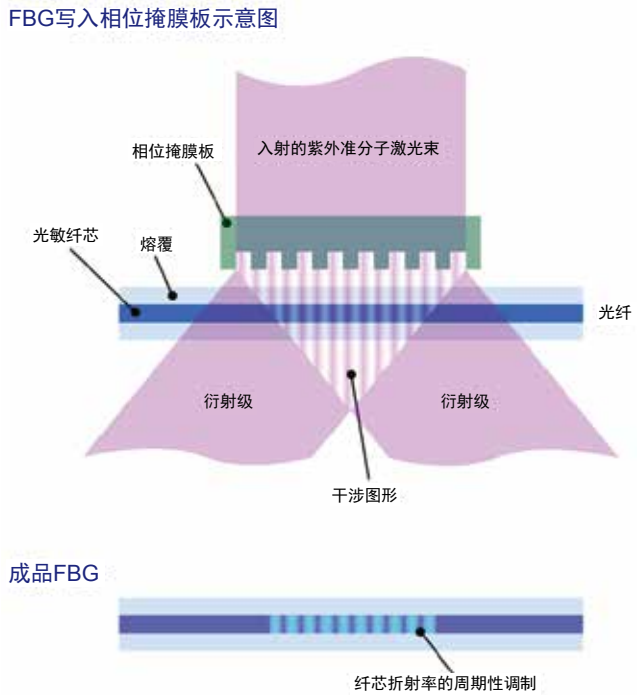


图 5：相位掩膜板刻写FBG的方法和结果示意图。

械应力的变化会引起光栅周期或有效折射率的变化，这一变化又会改变 FBG 反射光谱的中心波长。

FBG 的制造有赖于大部分光纤的纤芯掺有锗（为了增加折射率系数）并且对紫外（UV）光具有光敏性。因此，紫外光可以引起折射率系数永久改变。

在实践中，生产 FBG 的途径是让准分子激光器穿过相位掩膜板（实质是衍射光栅）。这会形成条纹间隔具有所需光栅周期的干涉图形。光纤置于此图形下曝光，纤芯的折射率系数产生永久的周期性改变。

准分子激光器是 FBG 生产的最常用光源，输出波长通常为 248nm 或 193nm。它们提供的输出功率非常高，可以让 FBG 的曝光时间持续数秒到数分钟不等。使用这些激光器，甚至还可以将 FBG 生产集成到光纤拉丝过程中。

结论

准分子激光器可用于多个半导体显微光刻领域，被广泛用于智能手机中的集成电路，智能手机、平板电脑的显示屏制程，宽带通信所用光纤内的 FBG 刻写术，每年帮助超过一百万人改善视力的 LASIK（激光辅助原位角膜磨镶术）。这项技术已经获得广泛应用，即使已经出现 40 年，准分子激光技术仍在不断改进和提高。我们非常看好准分子激光器的前景。❑



激光清洗

利用光纤激光器清除铁轨表面的锈蚀层

文/IPG Photonics 高级应用工程师 颜业志

近年来，随着环保要求的提高和人们的环保意识不断增强，也给世界范围内的清洗业带来了新的发展机遇，各种有利于环境保护的清洗技术应运而生，激光清洗技术就是其中之一。

相比于传统的机械清洗、化学腐蚀清洗、高频超声清洗等传统清洗方法，激光清洗具有高效、快捷、成本低、对工件的热负荷和机械负荷小、非接触非损伤等优势，并且激光清洗的废物可回收，保障环境和操作人员健康安全。激光清洗能够清除各种不同厚度、不同成份的涂层，甚至可以清洗传统清洗方式无法解决的难题。另外，激光清洁过程易于实现自动化控制以及远距离遥控等。

激光清洗的原理，是利用高能激光与被清洗工件表面物质的相互作用，被清洗的物质在高能激光的作用下，瞬间气化或者受热膨胀从基底脱落，从而达到工件清洁净化工艺的目的。

清洗所使用的功率，从十瓦到几千瓦不等，具体功率的选择根据清洗目标而定。激光可以清洗工件上的各种污垢，如除油污、除锈、除漆、除氧化层以及各种涂层等。其中激光除锈已经是一种常见应用。下面介绍激光铁轨除锈的案例。

铁轨除锈案例

铁轨由于常年暴露在空气中，加上风吹日晒雨雪寒霜，表面很容易生锈。为了不影响列车的安全运行，铁轨除锈非常必要。



图1：激光清洗铁轨锈蚀层的实验系统。

表1：激光器光源信息

IPG YLPN-100mJ-1000W		IPG YLPN-10mJ-200W	
波长	1064 nm	波长	1064nm
平均功率•	1000W	平均功率	200W
光束质量	＜36mm • mrad	光束质量	M^2＜2
光纤最小直径	600μm*600μm	输出光斑	6~9mm
脉冲周期	100ns	脉冲周期	100ns
最大脉冲能量	100mJ	最大脉冲能量	10mJ
重复频率	10kHz	重复频率	200kHz
扫描速度	6000mm/s	扫描速度	9000mm/s
清洗效果	OK	清洗效果	OK

本案例中，采用实验的方法测试了和评估了使用两款光纤激光器进行铁轨锈蚀层清洗的清洗效果和清洗效率。

（1）清洗系统配置

实验将测试和评估 IPG 的 YLPN-100-30*100-10-1000 和 YLPN-10-30*400-20-200 这两款光纤激光器（详细参数见表 1）对于铁轨锈蚀层的清洗效果。激光器均工作在脉冲模式下，配备 IPG 中功率扫描振镜，在不同的扫描方法和工艺参数下，搭载数控平台或机械手，满足不同的表面清洗要求。实验系统具体实物图如图 1 所示。



图2：铁轨氧化皮表层的三氧化二铁（Fe_2O_3）黄色锈层和更深层的黑色锈层（右图）。

铁轨表面上的锈蚀层，实际上包含两层，一层是氧化皮表层的三氧化二铁（Fe_2O_3）黄色锈层，另一层是更深层的黑色锈层，实物如图 2 所示。

（2）清洗参数选择与清洗效果

首先使用 YLPN-100-30*100-10-1000 激光器进行清洗实验。实验中选择的具体清洗参数配置如表 2 所示。

实验结果显示，YLPN-100-30*100-10-1000 激光器仅

表2：YLPN-100-30*100-10-1000激光器的清洗参数配置

使用YLPN-100-30*100-10-1000激光器清洗铁轨表面			
功率(W)	速度(mm/sec)	离焦量(mm)	光斑(mm)
950	1000	F254	3



图3：使用YLPN-100-30*100-10-1000激光器仅清洗掉了铁轨表面的黄色锈层，而更深层的黑色锈层依然存在。优化聚焦光斑在0.8mm，可以实现非常好的清洗效果。

清洗掉了铁轨表面的黄色锈层，而更深层的黑色锈层依然存在，如图 3 所示。

接下来，我们使用 YLPN-10-30*400-20-200 激光器进行清洗实验方案。为了获得更好的清洗效果，利用 YLPN-10-30*400-20-200 激光器的清洗分为两个步骤，这两个步骤的区别主要是使用的激光功率不同，第一步的功率稍大些，用于大面积清洗锈层；第二步功率降低，用于更精密、更细微的锈层清除。具体的参数配置如表 3 所示。

实验结果显示，经过这功率一高一低的两个步骤的清洗后，铁轨表面的黄色锈层和黑色锈层都完全清洗掉，清洗后的铁轨洁白光亮，如图 4 所示。

表3：YLPN-10-30*400-20-200激光器的清洗参数配置

使用YLPN-10-30*400-20-200清洗铁轨表面				
	功率(W)	速度(mm/sec)	离焦量(mm)	光斑(μm)
步骤一	196	9000	F160	35
步骤二	40-60	9000	F160	35



图4：使用YLPN-10-30*400-20-200激光器清洗，铁轨表面的黄色锈层和黑色锈层都完全清洗掉，获得基材本体颜色的清洗效果。

下转第25页

FISBA Innovators in Photonics

用于二极管激光器
精密准直和整形的
微光学器件

我们诚邀您作为特邀嘉宾莅临参观：2018临慕尼黑上海光博会4号馆4122/5 展台

www.fisba.com

定制设计、原型开发和大批量生产，
确保产品能够快速上市。

激光打标

一种新型激光打标机的研发及应用

文/朱贵儒，李欣，鲁海楠；武汉易饰三维科技有限公司

激光加工技术的发展突飞猛进，在航空航天、汽车、军工、医药等各行各业有了全方面的发展，尤其是激光打标、激光切割、激光焊接、激光打磨等技术得到了更广泛的应用，深入到了科研、工业、军事等各领域中。其中激光打标技术是控制激光束在各种物质表面打上专门的标记，是当前激光应用最广泛的一种形式。

目前，激光打标技术公认的原理有以下两种：

①“热加工”具有较高能量密度的激光束（它是集中的能量流），照射在被加工材料表面，材料表面吸收激光能量，在照射区域内产生热激发过程，从而使材料表面（或涂层）温度上升，产生变态、熔融、烧蚀、蒸发等现象；

②“冷加工”具有很高负荷能量的（紫外）光子，能够打断材料（特别是有机材料）或周围介质内的化学键，使材料发生非热过程破坏。这种冷加工在激光标记加工中具有特殊意义，因为它不是热烧蚀，是不产生“热损伤”副作用的、打断化学键的冷剥离，因而对被加工表面的里层和附近区域不产生加热或热变形等作用。例如，电子工业中使用准分子激光器在基底材料上沉积化学物质薄膜，在半导体基片上开出狭窄的槽。



图1：常见的工业激光打标机。

目前市场上常用的激光打标机按照波长不同，可分为：266nm 激光打标机、322nm 激光打标机、532nm 激光打标机、808nm 激光打标机、1064nm 激光打标机和 10.64nm 激光打标机。

工业上常见的激光打标机主要是下面这种形式（见图 1），即包含激光器、显示器、控制模块、光路模块、整体式机柜工作台等，价格基本上在





图2：405nm半导体激光器，发射蓝紫色激光。



图4：ARM芯片。



图3：405nm激光对应波长及其颜色。

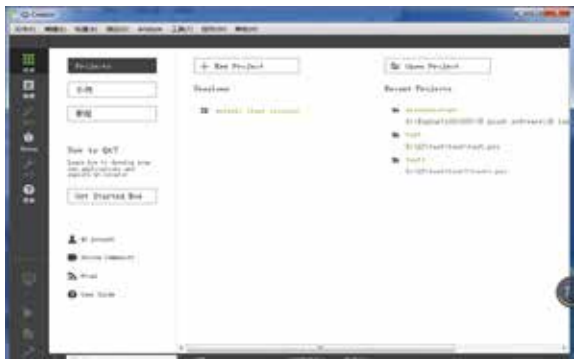


图5：QT编写界面。

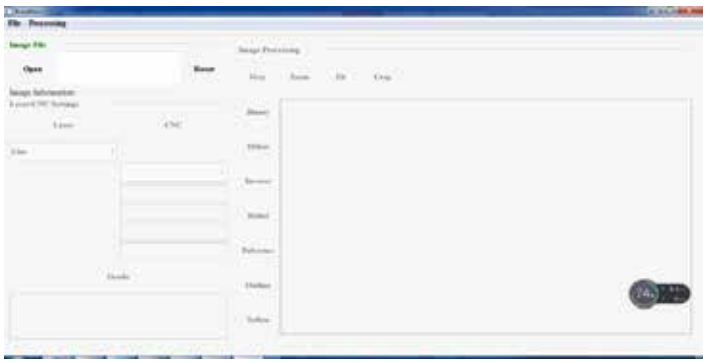


图6：AresAssistant （V1.0）软件界面。

几万元甚至十几万以上。

在“创新创业”的大环境下，创客教育培训市场对激光打标机有了新需求：即性价比更高。因为主要做培训教学和演示使用而非工业应用，因此对激光打标机的性能要求和价格可承受方面有较多限制。针对这些具体要求，武汉易饰三维科技有限公司推出了 Ares 机器。

首先，我们选择 405nm 半导体激光器（见图 2）作为该型设备的核心零部件，使该设备可以获得更广泛的应用。该激光器为一款可调焦激光模组，本身带有风扇，强制风冷散热，可发出蓝紫色激光。

405nm 波长的激光是通过 405nm 二极管直接发光，颜色为肉眼可见的紫色激光，是一种极为常见的短波长激光。（见图 3）

电路设计实现

设备的运动控制实现方面，通过主板驱动电机，从而带动直线导轨和运动机构，驱动打标工作头运动。根

LUMENTUM

超快异型材料加工
——降低系统设计成本！！



利用 PicoBlade®2，可将您的最苛刻的微加工应用的生产率提高40%。

PicoBlade 2——我们的智能控制、全功能皮秒激光器——能以最高的精度和可靠性加工几乎所有的材料的完美工具。经过优化设计的最新 PicoBlade 平台与我们的第一代激光器拥有同样高的灵活性，而且封装更小，极大简化了系统集成难度。

AccuTrig™ 独特的智能控制、高速变频功能使 PicoBlade 2 能够提供真正的实时外部触发，而该外部触发的定时抖动仅为 ±25纳秒，同时维持稳定精确的脉冲能量——这对处理复杂的异型加工应用至关重要。

想要更全面地了解？下载AccuTrig 白皮书，查找 PicoBlade 2 是如何改善您的微加工应用和结果。

提高先进制造的效益

WWW.LUMENTUM.CN | CUSTOMER.SERVICE@LUMENTUM.COM | +1 844 810 LITE (5483)

据现实技术条件，从可实现的稳定性和经济性考虑，选择 ARM 芯片（见图 4）进行电路设计和制作。在设计电路前，需要完成芯片电路的性能确认，从其说明书中可以找到相关资料，即该芯片为增强型 32 位基于 ARM 内核的带 512K 字节闪存的微控制器，具有 1 个 USB、1 个 CAN、112 个快速 I/O 端口、11 个定时器以及 13 个通信接口。该芯片可以完全满足设计需求。

通过对电路设计及制作调试，并采取 marlin 固件方案，设计控制软件，烧录进主板，实现对 XYZ 三轴运动控制参数设定，并在主板电路集成连接了 SD 卡。

打印数据实现

要想实现预期的打标雕刻结果，需要再对所要进行打标雕刻的数据进行转换，即转换成设备可执行的数据文件。

因为可获得的数据可能是不同的图片或文字，格式很不统一，因此需要一个转换软件将不同的数据转换为该设备可执行的文件。

选择 QT Creator（见图 5）平台进行软件编写，获得所需的软件程序，即我司 3D 打印机激光雕刻控制软件 AresAssistantV1.0 版（软著登字第 1454948 号）（见图 6）。

通过该激光雕刻软件可以将客户的图案等数据生成 GCODE 文件，上传入设备中，即可控制打标雕刻机在对应的物品上打出所需标记来。

整体产品设计实现

根据设计目标要求，选择 DELTA 构型，设计框架结构、运动方式等，再通过组装及调试等工作，最终实现了整体的产品设计。见外观专利“3D 打印一体机”（ZL2015303192846），整体产品见图 7。该机器可以通过输入不同的打标图案，实现对不同零件的定制化打标。输入打标图案后，根据 DELTA 机构的位置反解得到每个轴的运动量，然后通过位置控制的形式，实现运动轨迹控制。



图7：激光雕刻打标机。



图8：激光打标开始。



图9：激光打标过程。

该激光雕刻打标机，采用的是 DELTA 构型，是一种并联机构，其有以下四点优势：第一，DELTA 机构的动平台由 3 根杆件支撑，具有很大的刚度和稳定结构，动平台上的承载（激光打印头）对打印精度的影响可以忽略不计；第二，DELTA 机构不存在误差积累的现象，而误差积累在串联机构中是影响准确性和精度的重要原因，DELTA 机构的无误差累积使得该激光雕刻打标机具有很高的输出精度；第三，该激光雕刻打标机的控制电机都放置于定平台上，使得系统的运动部分质量更轻，降低系统的惯性；第四，DELTA 机构的部件都很简单，而且该机构具有唯一的运动学逆解，求解方法也很简单，这对于简化控制系统以及控制算法具有重要意义。



图10：激光打标结束。

激光雕刻打标应用

（1）满足创客教育市场的需求

通过几年的努力，我们在创客教育、职业院校实训室建设方面已经有了一定的经验积累，实现了多个学校和培训机构的实训室或创客教育中心的建设和实施。在实施过程中，发现用户对个性化定制有极大的兴趣和极高的接受度。客户对个性化产品的标记甚至是不可消除的记录标示，需求非常明确。这款打标机正是针对这一需求研发制造的。

在实训室中，首先通过多种方式方法使用户制作出个性化产品，在此过程中，形成最终产品时，同时把打标雕刻工艺添加进整个工艺流程中，从而获得标示后的个性化产品。由于是激光雕刻打标工艺制作出来的，所以相比于传统的印刷或贴标签的方式，标记更持，甚至在产品毁坏都可

一直保持，因此更能够满足用户需求。

（2）满足了极客爱好者的需求

通过市场反馈和实际调研，在极客爱好者需求市场中，对于标记方面的现实需求也非常高，因为每个用户对自己做的个性化物品都有一种长期保存或展示的需求，因此对物品的无损伤（或少损伤）永久标记的需求明显。图 8-10 展示了一个完整的标记过程。

图 11-12 显示了头像和二维码的雕刻打标，能满足很多极客玩家的打标需求。



图11：激光打标二维码。

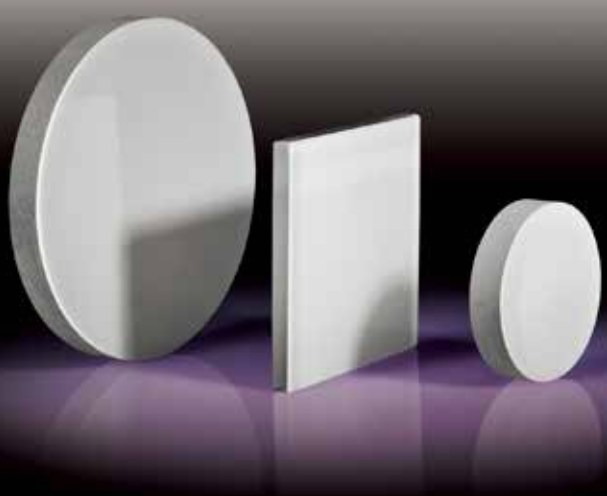


图12：激光打标头像。

结语

这种新型激光雕刻打标机，满足了教学展示以及创客们的应用需求。随着市场竞争的日益激烈，只有设计出成本低、质量高、功能全、效率高的激光打标机才能提高企业的核心竞争力。对于开发设计者来说，主要可以从高速高精度方面入手，速度和精度直接关系到激光雕刻打标加工的效率和质量，所以对速度和精度提出了更高的要求。激光打标图案大多都很复杂，对其路径的加工耗费时间长，为了提高加工效率，可在路径规划算法和控制器硬件两个方面来进行优化。随着网络化、云计算技术的发展，未来激光雕刻打印机应该与这些现代技术结合，不断提高产品性能。❑

光学引领未来



替代
乳白玻璃扩散片

- 采用喷砂半透明白玻璃
- 具有两种散射机制
- 针对NIR范围有出众的散射能力

乳白玻璃通常用作扩散片以形成均匀扩散的近朗伯光源。此材料已停产所以数量有限，但现在我们有了可靠的替代品，就是**白色扩散玻璃**及**宽带混合扩散片**。

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/038-8616

激光热处理

动态光斑整形软件改善激光热处理

通过软件动态改变扫描激光束的参数，根据实际应用情况动态调节热量分布。

Jesus Dominguez, M. Angeles Montealegre

激光硬化（也称激光淬火）金属的所面临的一项主要挑战是：处理几何形状不规则的部件。当使用激光硬化不平整表面时，如表面上具有锋利的边缘或小孔，遇到的挑战尤为突出。在这种情况下，由于材料周围体积的差异，经常会出现过热问题，最终导致处理结果无法接受。尽管有许多努力都试图弄清楚如何获得一致的激光热处理效果，但通常情况下，设计和控制光束传送从而实现期望的热处理效果，仍然是一项主要技术挑战。

其中一个重要问题是，加热区域的宽度会受到聚焦光斑尺寸的限制。针对这个问题，一种解决方案是使用光学元件来调节光斑的形状，例如创建一个矩形光斑，使其能量密度分布更为均匀。

作为一种替代方案，还可以使用扫描光学元件在轨迹上重复移动光斑，以致于可以将热源看成是一个沿轨迹移动的矩形光源。扫描光学元件的使用，允许通过改变激光轨迹和改变参数（诸如确定区域内的扫描速度和/或激光功率）来调整一个确定区域内的激光功率密度分布。

Dynamic Spot Shaper软件

Dynamic Spot Shaper (DSS) 是 Talens Systems 公司开发的一款新颖的控制软件。下面的等式给出了参与激光过程的主要工艺参数之间的关系，以及 DSS 软件中考虑到的参数：

$$E = P/(Ø \cdot V)$$

其中，E（J/mm^2）为沉积在单位面积上的能量，P（W）为激光功率，Ø（mm）为光斑直径，V（mm/s）为扫描速度。

特定 2D 光束形状的定制和调节、以提供增强的表面加热，可以通过 DSS 软件以两种方式启动和控制。改变有效区域内激光能量密度分布的最直观的方法是：调整扫描模式内的激光功率，这需要一个可快速调制的激光源。第二种方法也是首选的方法是：通过不同的扫描速度，改变指定区域内每个部分被加热的时间。

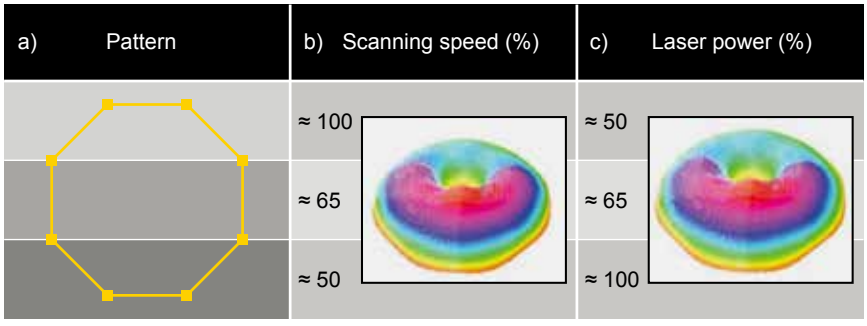


图1：图（a）定义了一种扫描模式，并给出了定制2D光束能量密度分布的两种方案：功率恒定、扫描速度可变（b）和功率可变、扫描速度恒定（c）。

图 1 显示了对于一个给定的模式，使用这两种技术（改变扫描速度和改变激光功率）产生的 2D 定制光束。从图 1 中可以观察到，两种情况下产生的 2D 光束是相同的。图 1（b）和图 1（c）中分别显示了获得这两个等效光束的功率范围和扫描速度范围。

即使定制光束在两种情况下看起来都一样，硬化行为还是取决于被处理材料的属性和工艺参数（激光功率、扫描速度和穿越速度）。如图 2 所示，

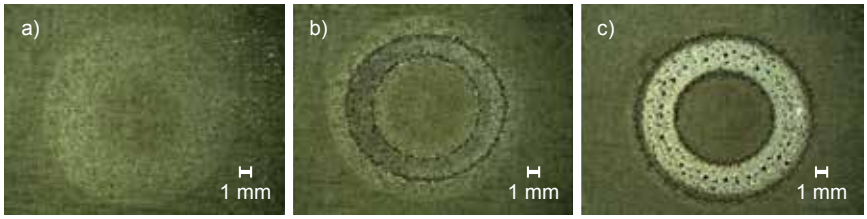


图2：以相同的能量密度（107 J/mm^2）在S 335钢上创建的三种不同的激光轨迹，所不同的是激光功率，分别为2kW、4kW和6kW。

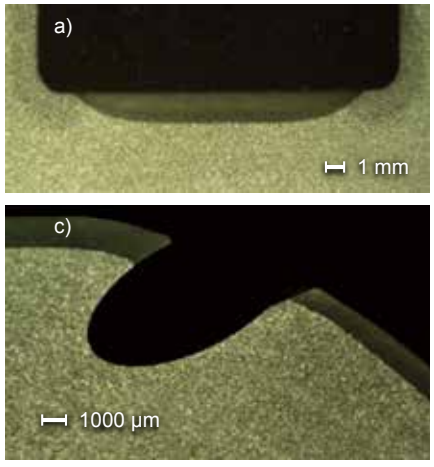


图3：硬化区截面和孔硬化的光学显微图像：带状硬化（a）以及带状和圆角硬化，硬化深度可控（b）。DSS软件允许对孔周围进行硬化，并对零件的冶金属性没有负面影响（c）。

三个不同的图形分别显示了在能量密度相同（107/mm^2）、激光功率不同的情况下获得的处理结果。从图中可以看出，这三种情况材料表面的处理结果差别还是很大的，从表面基本没什么变化（第一张图，功率 2kW）到表面熔化（最后一张图，功率 6kW）。这是因为材料响应两种不同类型的变化（加工速度或激光功率）是不能对等的：加工速度的变化主要影响微结构变化和硬化区的深度；激光功率的变化影响所能提供的温度，这将涉及到材料中的温度梯度。

将扫描产品和 DSS 软件相结合，从而能够实时、动态地调节激光束地形状。

激光硬化曲轴

利用激光硬化内燃机曲轴，是一项非常具有挑战性的工作，因为曲轴上有润滑孔、几何形状迥异复杂，并且曲轴本身也有着十分苛刻的机械加工要求。使用 DSS 软件，通过定制激光束的形状和能量密度分布，可以成功实现这些几何形状复杂的零部件的硬化处理。

图 3 显示了处理区域的两个不同的截面：带状硬化结果，以及硬化深度可控的带状硬化和圆角硬化。激光硬化的主要挑战之一是位于激光扫描轨迹上的润滑孔。如果没有适当的过程控制，可能会出现周围区域过热，熔化孔的边缘。使用 DSS 软件改变激光模式内的能量分布、产生动态光束形状，可以在保证孔周围被硬化的同时，不对零件的冶金属性产生负面影响。该软件目前已被集成到生产线中用于曲轴的激光硬化，处理每个曲轴的时间为 180s。

DSS 软件减少了需要相邻激光轨迹的情况，因为扫描宽度可以动态调整（见图 4）。在有些情况下，重叠相邻激光轨迹是必须的，因为由于物理限制扫描模式不够宽，调整 2D 光束的能力允许在重叠区域中产生最小的回火面积。DSS 软件可用于快速创建不同的模式——沿着一条表面要求不断变化的路径，操作员可以自定义光束形状，在被处理工件的几何形状和激光能量分布之间形成一种直接关系。

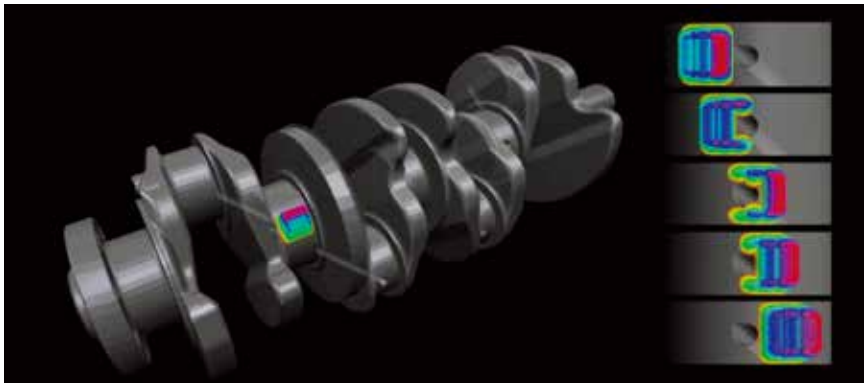


图4：用于硬化曲轴的DSS软件；图中显示了激光扫描参数的变化。

除了激光硬化外，DSS 软件还可用于其他激光应用，如熔覆、焊接和重熔，以及其他工业领域，包括汽车、航空航天和模具制造等领域。❑

上接第19页

实验结论

从实验结果中我们不难看到，YLPN-100-30*100-10-1000 激光器对于清除铁轨表面浅层的 Fe_2O_3 黄色锈层，清洁效果非常好，比使用 YLPN-10-30*400-20-200 激光器清洗具有更高的效率。对于清洗更深层的黑色锈层，YLPN-10-30*400-20-200 激光器是很好的选择。

综合清洗效率、清洗效果等多方面考虑，要想达到高效率、高质量的锈蚀层清洗效果，建议可以两款激光器结合使用：先使用大光斑、低功率密度的 YLPN-100-30*100-10-1000 激光器高效清除铁轨表面浅层的 Fe_2O_3 黄色锈层；再使用小光斑、高功率密度的 YLPN-10-30*400-20-200 激光器清除更深层的黑色锈层。此外，IPG 拥有丰富的光源种类，可以满足不同的清洗方案需求。❑

可穿戴技术

光学技术推进可穿戴设备快速发展

文/Gail Overton

许多用于显示信息或跟踪个人健康或医疗参数的可穿戴设备，使用的是电信号、化学反应或材料变形技术。但是也有很多可穿戴设备依赖于光学技术：发射光直接进入皮肤，发挥治愈、监控甚至是预测危险病症的作用；被点亮的服装，可以作为一种个人艺术表述或安全装置；甚至还有光伏可穿戴设备，可用于为智能手机或其他可穿戴设备充电。

市场研究公司 ABI Research 预测，企业可穿戴设备（包括智能手表、智能眼镜和可穿戴式扫描仪）的市场规模将从 2017 年的 106 亿美元增长到到 2022 年的高达 600 亿美元。令人难以置信的是，市场研究公司 IDTechEx 预测，到 2027 年，可穿戴设备市场的规模将达到 1500 亿美元。

也许我们很难将可穿戴设备纳入光子学范畴，从理论上讲，用于宠物的激光打标标签或发光二极管（LED）项圈更适合光子学范畴。我们下面介绍的是一些较为复杂的技术密集型光子可穿戴设备，它们的问世也增加了上述数十亿、上百亿美元的消费预测的合理性。

人身安全和个性显示

microLED 技术公司不仅在探索该技术在视觉显示领域的应用，同时也在探索该技术在个人可穿戴显示器及指纹识别和手势识别领域的应用，因为 microLED 技术微小的像素间距（直径 1~10μm，间隔距离 1mm，比液晶显示和 OLED 显示更具能量效率）可以在柔性衬底上制作，并且还可以在柔性衬底上整合电子电路，用于实现传感功能（见图 1）。

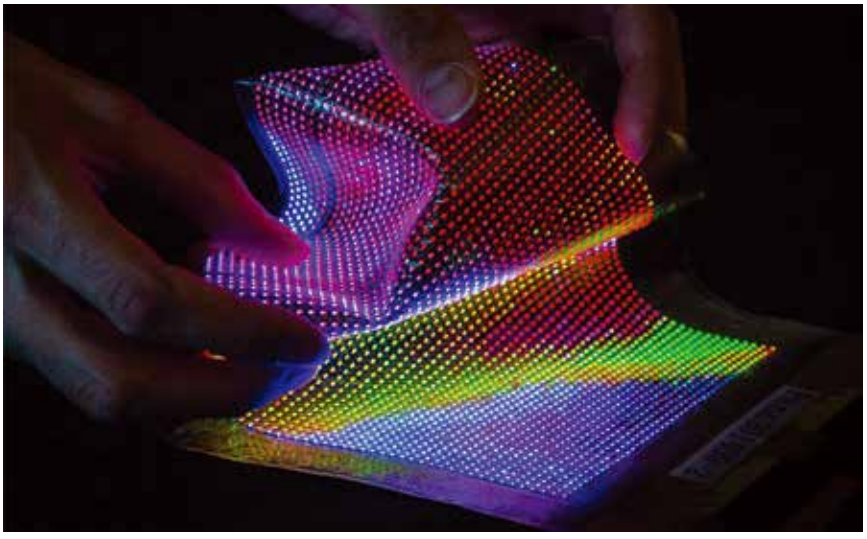


图 1：microLED 面板显示了微小、紧密排列的像素是如何集成到柔性材料中，实现个人可穿戴显示的。

目前苹果公司和 Oculus 公司都在押宝这项技术，并且这两家公司都有收购涉足 microLED 技术的公司。

Luminit 公司甚至设计了微扩散技术，来提高近距离观看时像素化 microLED 的视觉吸引力。扩散器包括嵌入在聚酯或聚碳酸酯膜上的全息光整形扩散器（LSD）微结构，其放置位置距离 microLED 表面 10μm。根据选择的 LSD 结构，扩散器可以将光扩散到不同的自定义光束角度。

使用康宁公司的光纤技术开发的一种称为 Fibrance 可穿戴产品，现在已经商业化。Fibrance 不是用最小的损失将光引导到远程目的地，而是使用有损光纤，沿其长度均匀发光，并将光带到体状的或分布式 microLED 或 OLED 照明无法到达的地方。

“康宁公司已经向大公司出售了长度达数百万千米的光纤，但我们的目标是针对数百万的消费者、可穿戴设备、游戏和汽车应用销售几米长的光纤。”硅谷新秀 Versalume 公司首席执行官 Mario Paniccia 说道。

Versalume 的解决方案在一个精巧的工业设计中集成了激光、电子、光纤、电池和软件，它让用户将主要精力集中到应用上，以便能更加容易地把他们的产品推向市场。Versalume 的单色产品有红光、绿光或蓝光（639nm/515nm/450nm）激光器。此外，还有一个蓝牙控制的 RGB 智能模块，

其带有一个 iOS 应用程序，其中包括诸如加速度计、气压计、温度监视器和陀螺仪之类的传感器，并且可以工作在连续、闪烁、暗淡等多种模式。

Versalume 的解决方案还提供 FC 或 LC 连接选项。光纤本身的直径为 170μm，具有聚合物包层，弯曲直径小于 10mm，扩散长度 0.5~50m。其较大的数值孔径（0.53）可实现可见光、近红外光和紫外激光二极管的低损耗耦合。

Versalume 的模块面对的一项巨大的可穿戴照明挑战是：用于照亮光纤的功率 / 控制器模块的体积和重量。毕竟，大多数 LED 或电致发光板的 T 恤均使用两节 AA 电池供电。

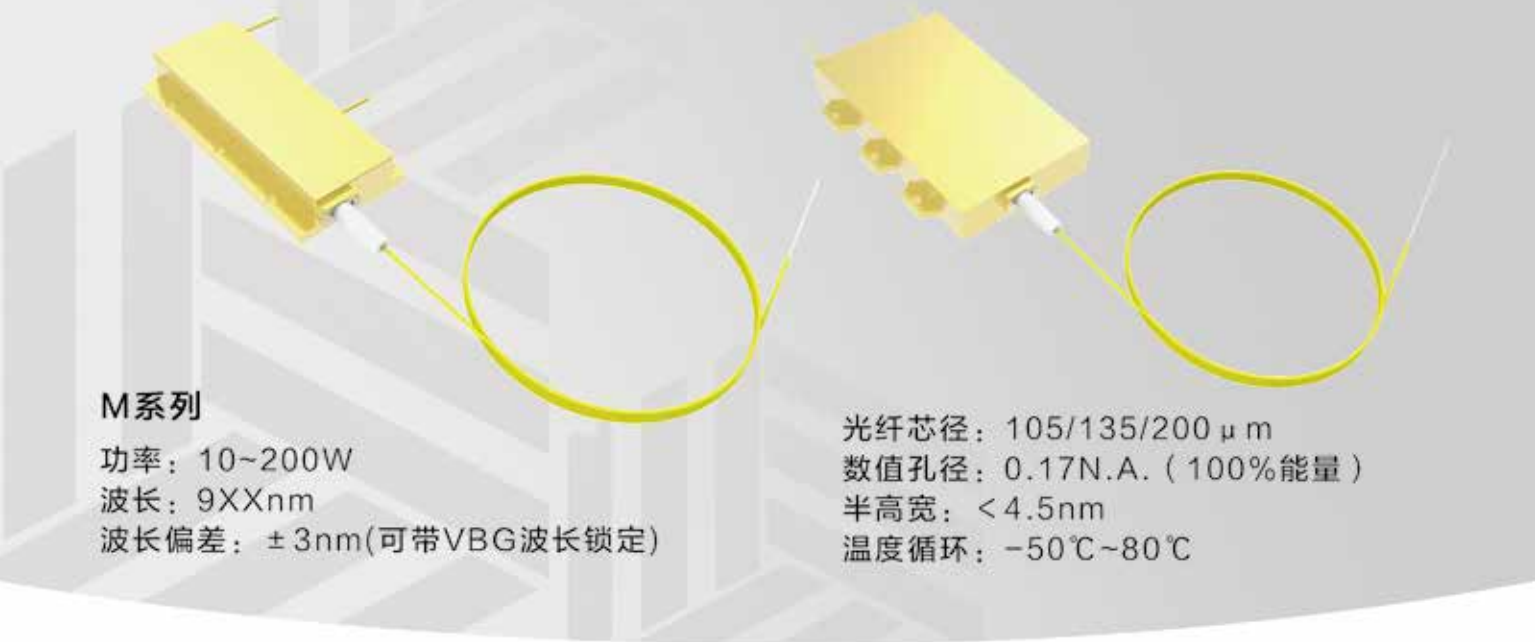
虽然说服消费者接受“激光照明的光纤对眼睛和身体是安全的”这一概念有些困难，但 Paniccia 公司还是通过其轻薄的柔性产品赢得了消费者的青睐，作为一款可穿戴的帽子，其不仅能在帽子上彰显个性化表达和显示，还能照亮珠宝，或是作为一种新的时尚表达方式。，此外，Paniccia 公司也在努力将霓虹灯般的光纤植入到汽车显示、头盔显示、游戏 PC 和建筑照明中，并率先开发轻量化、低功耗模块，目的是提升建筑 / 公路施工者、夜晚骑行者以及遛狗者的安全性（见图 2）。

健康与体质监测

我们可能都听说过用智能手机上的光谱仪来监测健康和体质指标。该领域的下一个突破是：用无创施加到人体皮肤上的光谱仪来测量人体的血糖等体征指标，从而不再需要抽血测量。德克萨斯大学的研究人员已经开发出了一种传感器，这种传感器可以佩戴在手腕上或其他与皮肤的地方，用于监控人体的血糖、皮质醇和其他一些压力和健康指标。[1]

该设备使用位于纳米多孔聚酰胺基底上的氧化锌（ZnO）薄膜，可以确定人体汗水中的蛋白质和皮质醇水平，以揭示人体的某些健康状况。傅立叶变换红外光谱（FTIR）和动态光散射（DLS）光学方法已经证实了该传感器适合消费者使用。

另外，还有专门用于血糖检测的产品。德国法兰克福大学的研究人员正在利用光声光谱（PAS）来获得中红外光谱，其吸收葡萄糖分子产生一个声音信号，用于记录皮肤细胞中的

EVERBRIGHT
高功率光纤激光器理想泵浦源

M系列
功率：10~200W
波长：9XXnm
波长偏差：±3nm(可带VBG波长锁定)
光纤芯径：105/135/200μm
数值孔径：0.17N.A.（100%能量）
半高宽：<4.5nm
温度循环：-50℃~80℃
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
微信扫一扫
获取长光华芯更多资讯
2018年3月14-16日
上海新国际博览中心 W2 2628
上海市浦东新区龙阳路 2345 号
慕尼黑上海光博会
LASER PHOTONICS CHINA

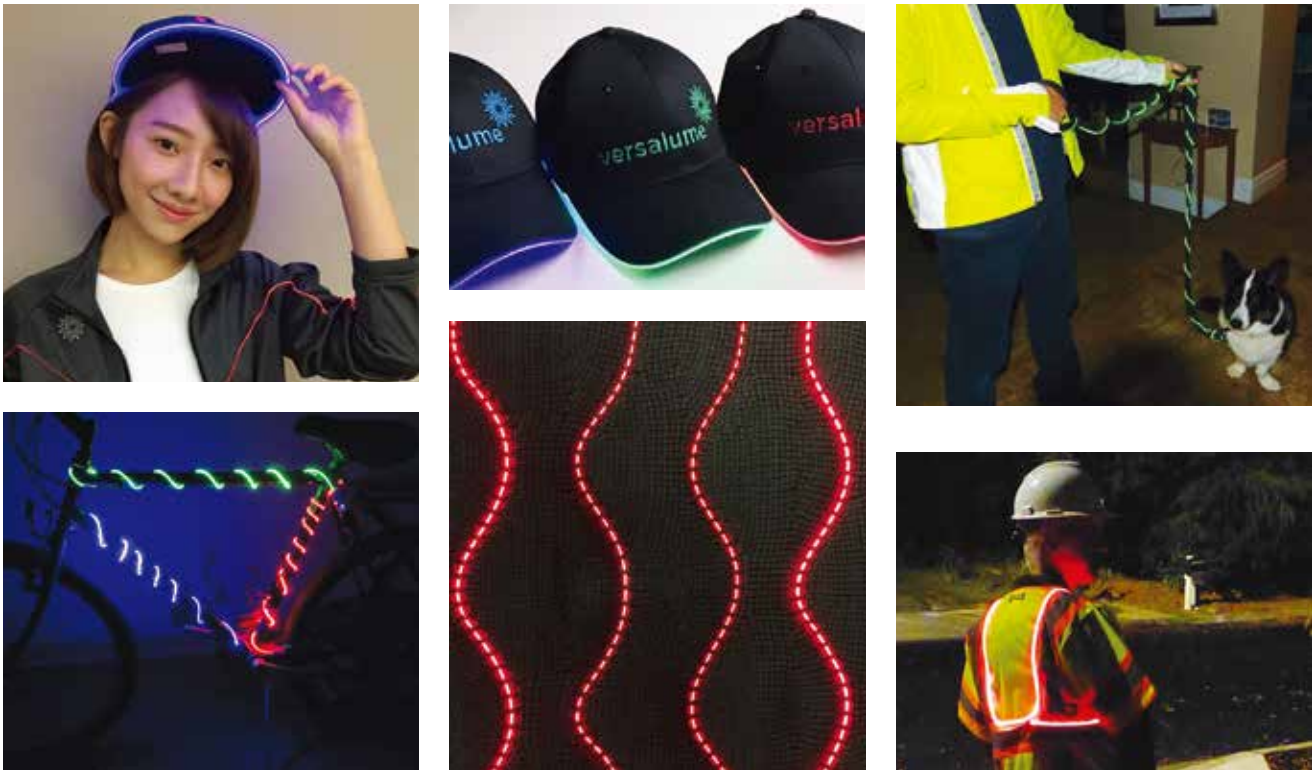


图2：Versalume公司正在商业化康宁公司的Fibrance光纤，用于个人时尚和安全目的，另外还有许多其他应用正在开发中。

血糖水平。

此外还有一些新的报道，比如太阳能供电的拇指大小的紫外剂量计、类似发带状的近红外光谱装置以及可穿戴显微镜等，这些可穿戴设备均可用于分析响应定点护理潜在条件的荧光信号变化。

除了监测身体健康和体质的光子可穿戴设备外，光学技术也可用于治愈作用。瑞士 Biomimetic Membranes and Textiles 的研究人员开发了一种可洗的耐穿光子服，其通过将 LED 发射的蓝光耦合到包裹在织物中的直径 160μm 的聚合物光纤中，进而用于击退新生儿黄疸。来自荷兰皇家飞利浦公司的蓝光可穿戴设备，最近获得了美国的 FDA 批准，用于治疗轻度银屑病。澳洲瑞泰姆生物眼镜（Re-Timer 眼镜），在澳大利亚的零售价为 299 美元；还有发射 500nm 蓝绿光的超薄可穿戴眼镜，据说每天戴上大约 60 分钟，可以改善睡眠，减少疲劳，能让轮班制工人在夜间工作时，更好地管理他们的警觉水平（见图 3）。

超越Kinect

还记得微软的 Kinect 系统问世的时候，很多人都在自家的客厅里像孩子一样用他们的肢体动作来打高尔夫球，或是开跑车。Kinect 的想法让人的身体沉浸在一个改变现实的状态中。Kinect 由红外激光二极管控制，它将人体的动作转化为屏幕上虚拟化身的视觉运动。



图3：Re-Timer眼镜发射500nm的蓝绿光，可用于减少疲劳，改善睡眠，提高倒班工人的警觉度。

然而不到十年后（第一代 Kinect 系统于 2010 推出），风靡全球的增强现实 / 虚拟现实 / 混合现实（VR / AR /MR）正在超越 Kinect 而使行动更接近人的身体，更重要的是，这类技术通过更小的可穿戴式耳机或眼镜，能够更接近人的大脑和思维过程。

在拉斯维加斯举行的 2018 消费电子展（CES）上，Kopin 公司推出了 AR/VR

Eagle 可穿戴家庭影院，这是 Kopin 与 Pico Interactive 公司联合开发的产品，其相当于一个 80 英寸的大屏幕。Eagle 可穿戴家庭影院具有高清屏幕（分辨率 1280×720），可以通过位于超薄耳机上的 720 像素、0.49 英寸对角线 OLED 微型显示器，在 10 英尺远的地方观看（见图 4）。

最近，Innovega 公司通过提供最终的可穿戴设备来改变现实的体验，又比一些大块头的 AR/VR 观看眼镜超前一步。2018 年 1 月发布的新闻稿中写道，“Innovega 公司的系列专利，将允许穿戴者将数字世界和现实世界整合到一起，提供一种无损的增强现实和混合现实体验，这种体验完全超越了市场上的其他可穿戴设备。”该系统将隐形眼镜（或手术植入的镜片）与时尚眼镜结合在一起。这种组合为用户提供了一种高性能的娱乐和信息体验。Innovega 公司的专利让人想起谷歌智能隐形眼镜，它们基本上是在人的眼睛中植入了一个电脑。



图4：在2018消费电子展上，Eagle家庭影院系统亮相，其通过超薄耳机实现了观看80英寸高清电视的体验。

当然，虽然许多可穿戴技术已经商业化或正处于商业开发中，仍然有更多的可穿戴技术尚未进入消费市场。

例如光学糖尿病监测范围，正在从拉曼光谱方法向光学相干层析成像（OCT）技术探索。然而到目前为止，市面上还没有一种可供大众使用的单一光学血糖监测技术。鉴于激光雷达在自动驾驶汽车领域的快速发展、3D 传感在智能手机中的快速发展，以及来自 Masimo 等公司的基于 LED 的医疗设备（如脉搏血氧仪）的成功，毫无疑问，尚处于产品原型阶段的光子可穿戴技术，将会以比我们想象得更快的速度，进入消费市场。❑

参考文献

1. H. Huu Le et al., Int. J. Phys. Math. Sci., 11, 5, 202–205 (2017).

品质铸就成功，创新决定优势

上海超时电子电器有限公司
Shanghai Chaoshi Electronic & Electrical Equipment Co., Ltd.

客户 300+ | 系列产品 4大 | 专注电子电器领域 25年

上海超时电子电器有限公司主要设计、生产和开发单相、三相五线、三相四线、三相三线交流电压保护器、电源保护模块和PTC热保护器等电器保护装置，应用的领域包括电梯、机床、空调、激光加工等行业。本公司的产品具有CCC认证和CE认证，并且拥有100%的自主知识产权，部分产品具有国家专利。

本公司产品均**通用性强、体积小、安装方便、性价比高**，欢迎询价！





欢迎垂询！

三相四线交流电压保护器 ABJ2-04W
特点
缺零线和零线超压保护功能
功能
过电压、欠电压、相序、动态断相、静态断相、电压不平衡保护、缺零线保护、零线带电保护、零线超压保护

三相五线交流电压保护器 ABJ2-94W
特点
缺地线指示、零线带电、缺零线、零线超压保护功能
功能
包含ABJ2-04W的全部功能，并在其基础上增加了缺地线指示功能

单相三线漏电保护驱动器 ABJ2-74W
特点
可直接驱动漏电保护器断开主电路
功能
过电压、欠电压、缺零线指示、零线带电保护、零线超压保护、蜂鸣器报警、继电器触点输出、漏电线路检测按钮、功能开关

ABJ2系列荣获 2项实用新型专利 1项发明专利 | ABJ2系列的外形尺寸均为 61 (长)×20.5(宽)×73 (高) mm

销售热线 021-65663671
网址 http://www.chaoshi18.cn
邮箱 info@chaoshish.com
地址 上海市平凉路2716号

光纤设计

大模场渐变折射率光纤设计提升光纤激光器功率

文/LFW

随着市场对高功率光纤激光器的兴趣越来越浓、其应用越来越广，进一步提升光纤激光器功率的驱使，已经激发了许多将大模场（LMA）光纤用作增益光纤的研究。在 LMA 光纤中，纤芯的物理尺寸足够大以支持多种模式，但光纤的物理特性被设计成抑制高阶模式。因此，所需的激光基横模可以分布在大的横截面上，从而降低对光纤的潜在的与光相关的损伤（以及光学非线性）。

制造实用型 LMA 光纤的努力，通常集中在使用阶跃折射率或微结构设计。实现单模工作的一个例子是：在增益导引和折射率反导引（GG + IAG）光纤中，通过阶跃折射率设计中的模式选择性衰减来实现。但是，这种光纤具有固有的泄漏损耗，降低了激光效率。

最近，韩国朝鲜大学光电子工程系的 Hyun Su Kim 和新加坡南洋理工大学电气与电子工程学院的 Seongwoo Yoo 两位研究人员，已经采用不同的方法，通过改变常规阶跃折射率的 GG + IAG 光纤设计，使其具有渐变折射率纤芯；该变化降低了泄漏损耗，同时保持了 GG + IAG 设计的高阶模式抑制（由于其凸起折射率的包层）。没有 GG + IAG 设计的渐变折射率纤芯光纤自身，在放大下不能维持单模输出（见图 1）。

折射率凹陷的渐变折射率纤芯

“我们研究了一种可以固有抑制高阶模（HOM）的替代 LMA 设计，从而提升了横模不稳定性的阈值。”Yoo 解释说，“曾经提出了一种增益导引机制的反波导结构，作为选择性提高基模功率的新途径。然而，人们已经认识到，这种类型结构的光学增益不仅要求放大，而且要克服反导引损耗，这是很难做到的。”

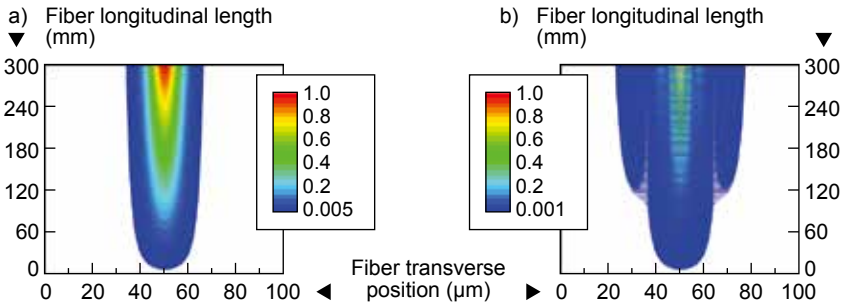


图1：在没有（a）和有（b）激光增益的情况下，对通过传统渐变折射率纤芯光纤传播的高斯光束的模拟显示高阶模（HOM）出现。然而，如果渐变折射率纤芯在增益引导和折射率反导引（GG + IAG）光纤设计中（图中未给出），则即使在放大下也能保持基模传播。

在新的理论设计中克服了此基本限制，其中凹陷的渐变折射率大大降低了基模的反导引损耗，而凸起的包层折射率同时提供了抑制 HOM 的机制。Yoo 补充说：“该设计通过固有的 HOM 抑制实现高斯光束输出的功率提升。”

两位研究人员模拟了阶跃折射率 GG + IAG 光纤和新光纤设计（无增益）的泄漏损耗，芯径分别为 50μm 和 100μm；结果发现与阶跃折射率纤芯相比，采用梯度折射率纤芯的新设计，将泄漏损耗降低了超过 1000 倍。他们还发现，虽然阶跃折射率 GG + IAG 的泄漏损耗与光束半径的大小无关，但对于新设计则存在相关性。因此他们确定，例如对于 25μm 纤芯半径的最佳光束尺寸，泄漏损耗 <0.003/cm，这比 GG + IAG 光纤的泄漏损耗再小三个数量级。

对没有颠倒折射率的纯渐变折射率光纤进行的模拟表明，在放大情况下，光束不能保持高斯分布，并且实际上可能通过光束畸变和自聚焦损伤纤芯。

Yoo 指出：“我们注意到，模拟建议了实际的工作范围，我们的下一个目标是在实验室中展示此概念。这将包括制造凹陷的渐变折射率掺镱（Yb）纤芯、验证高斯模放大，以及在光纤弯曲下的性能。尽管弯曲畸变，例如压缩模场和模式分布的偏移，看起来在渐变折射率分布图上并不显著（在模拟中也得到支持），但实验演示在确认各种放大器配置的稳健性和适应性方面，将更有说服力。”❑

光纤激光器

选择光纤激光器的四大原因

文/Chris Ogden

现在有越来越多的公司开始投资光纤激光器。毫无疑问，汽车行业是采用光纤激光器的先行者，鉴于光纤激光器的诸多优势，这种相对较新的解决方案广受青睐也在情理之中。下面简单总结了选择光纤激光器的几点理由。

速度

光纤激光打标机的高速度，使它们成为寻求高效率的客户的首选。在它们的输出波段，光纤激光打标机是目前市面上最快的激光打标技术，对于很多应用而言，打标时间不到一秒钟。虽然市面上也有其他更加成熟的传统激光打标技术，包括使用二极管泵浦固态（DPSS）激光器、灯泵浦激光器和 CO_2 激光器的打标技术，但是没有一种打标方案能在综合考虑打标速度和打标质量方面，超越光纤激光器。

这意味着光纤激光器可以开辟出一番新天地。例如，一家汽车零部件制造商需要在不到半秒钟的时间内快速打标一系列代码，而这是其他类型的激光器所无法实现的。

光纤激光器为何能实现如此快的速度？因为它们在速度和功率方面进行了更好地配置。DPSS 激光器系统很少有超过 20W 的额定功率，而光纤激光打标系统通常提供高达 50W 的功率。这些高功率水平对于打标速度和打标深度至关重要。



图1：UniQ光纤激光器是一个独立的系统单元，结构紧凑，不需要杂乱的线缆。

能源效率

除了速度更快以外，光纤激光器还比其他替代方案具有更高的能源效率。这不仅降低了功耗，而且还有助于系统更简单、更小巧、更可靠。

光纤激光技术使用基本的空气冷却，不需要额外的昂贵和繁琐的水冷机组，是资金和厂房面积紧缺的企业的理想选择。

图 1 中显示了广受用户青睐的 UniQ 光纤激光系统。这是一个符合 IP65 防护等级的单一激光系统单元，其中集成了激光头控制器和 PC，结构紧凑，易于集成，没有凌乱的线缆。

寿命长

光纤激光器的寿命远远超过其他类型激光器的寿命。大多数激光器的寿命约为 3 万小时，通常相当于大约 15 年的使用寿命。

光纤激光器的预期使用寿命约为 10 万小时，也就是差不多是 45 年的使用时间。无论一台光纤激光器会不会被使用 45 年，但可以肯定的是，光纤激光器确实为客户带来了可观的投资回报。



图2：V-Lase DPSS技术系统能实现良好的塑料打标。

激光功率

由于光纤激光技术具有较长的功率传输时间，因此光纤激光打标解决方案是深度标记的理想选择。光纤激光器提供的并不是连续的能量流，而是扩展脉冲。但是，在高达每秒 20 万次脉冲的高重复频率下，脉冲光纤激光器足以避免那些破坏性的高峰值能量。这意味着它们能在较长时间内提供能量，这对于深度、耐久性打标非常理想。这种应用的一个案例是汽车制动系统的制造。

光纤激光器的发展前景如何呢？光纤激光器在能源效率方面具有突出优势，因此单是从节约能源这个角度来看，我们将继续看好光纤激光器，尽管可能它未必一直是最好的解决方案。

有时候，光纤激光器的诸多优势也会使用户产生跟风盲目选择。很多时候，“用户认为他们想要的”与“他们实际需要的”，可能是两种不同的东西。虽然有很多令人信服的理由选择光纤激光器，但需要记住的是：有时候传统方案能提供更好的选择。例如，灯泵浦的激光器依然能够很好地胜任激光焊接；CO_2 激光器的光波长依然是切割某些特殊材料的首选；即使是打标应用，其他激光技术也能实现更好的塑料打标（见图 2）。所有一切的选择，都应该依据手头的具体任务而定。❑

激光二极管

高功率半导体激光器的过去和未来

文/Manoj Kanskar，Scott Keeney，Robert Martinsen

随着效率和功率的不断提升，激光二极管将继续取代传统技术，从而改变事物的制造方式并促成新事物的发展。

传统上，经济学家认为技术进步是一个渐进的过程。最近，人们将更多的重点放在了一些颠覆性创新的作用上。这些创新被称为通用技术（GPT），指的是“具有对许多经济领域产生重要影响潜力的深刻的新思想或新技术”。[1]GPT 的清晰范例是蒸汽机、电力和集成电路。

通用技术通常需要几十年的发展，甚至更长时间才能带来生产力的提升。这些技术一开始通常不会被很好地理解，即使在技术商业化之后，生产应用仍然存在长期滞后。集成电路是一个很好的研究案例。虽然晶体管在 20 世纪早期就被首次展示，但是其广泛的商业化出现得更晚。

摩尔在 1965 年的短文中预言，半导体将快速发展，这将带来“电子技术的普及，并将这项科学推向许多新的领域。”[2] 尽管摩尔的预测大胆且出人意料的准确，但是半导体技术在实现生产力提升和经济增长之前，依然耗费了几十年的时间进行持续改进。

同样，人们对于高功率半导体激光器的显著改进的理解也是有限的。通过半导体将电子转换成激光首先在 1962 年得以展示，随后出现了各种各样的补充性进展，这些进步推动了电子转化为高生产率激光的巨大进步。这些进展已经支持了从光存储到光网络、再到广泛的工业领域的重要应用。

回顾这些进步及积累的进展，突出显示了许多经济领域可能产生甚至更大、更普遍的影响。事实上，随着高功率半导体激光器的不断改进，它的应用领域将会加速扩展，并且会对经济增长带来深远影响。

高功率半导体激光器的历史

1962 年 9 月 16 日星期日上午，通用电气研究实验室的 Robert Hall 团队展示了砷化镓（GaAs）半导体的红外发射，这种半导体具有表明相干激光的“奇怪”干涉图案，首个半导体激光器诞生。[3]Hall 最初认为半导体激光“成功的希望不大”，因为当时的发光二极管效率非常低。他持怀疑态度也是因为已有的两年前才展示的激光器需要“复杂的镜子”。[2]

1962 年夏天，Hall 说他被一篇论文“震撼”了，该论文显示了麻省理工学院林肯实验室的效率高得多的砷化镓发光二极管。[3] 他回到通用电气公司，想起来他幸好拥有一些质量好的砷化镓材料来进行测试，并利用他作为业余天文学家的经验，开发出了一种方法来抛光 GaAs 芯片的边缘，以形成谐振腔。[4]

Hall 的成功演示是基于他的设计，使辐射在结平面内来回反射，而不是垂直于它。他谦虚地表示，没有人“以前偶然发现过这个想法。”事实上，Hall 的设计本质上是幸运的巧合，即形成波导的半导体材料也具有同时限制双极载流子的特性。否则，半导体激光将不可能实现。通过使用

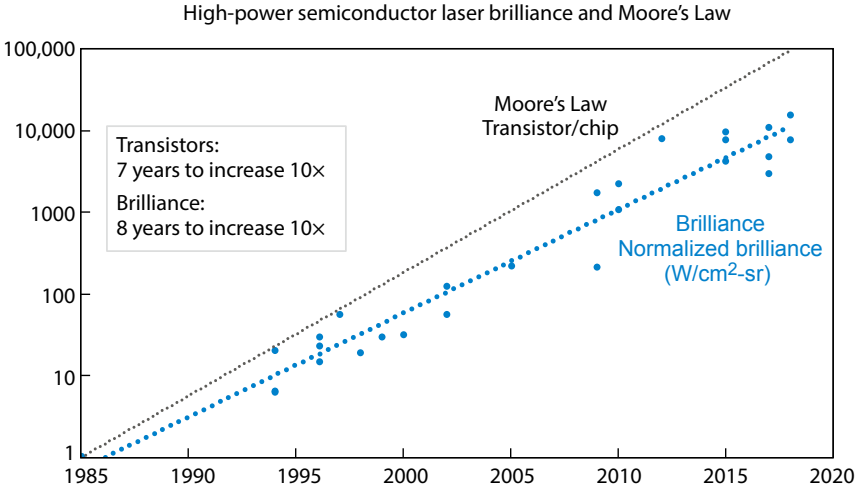


图1：高功率半导体激光器的亮度和摩尔定律的比较。

不相似的半导体材料，可以形成平板波导以使光子与载流子交叠。

通用电气公司的这些初步演示是一项重大突破。然而，这些激光器还远不是实用的器件，为了实现高功率半导体激光器的前景，必须实现不同技术的融合。关键技术创新始于对直接带隙半导体材料和晶体生长技术理解方面的进步。

之后的发展包括双异质结激光器的发明，以及量子阱激光器的后续发展。进一步加强这些核心技术的关键，在于效率的提升以及面钝化、散热和封装技术的发展。[5]

半导体激光器的辉煌

过去几十年来的这些创新，带来了令人惊讶的累积改进。特别是亮度的改进尤其突出。[6]1985 年，当时最先进的高功率半导体激光器可以将仅 100mW 的功率耦合进芯径 105μm 的光纤中。现在，最先进的高功率半导体激光器，可以产生超过 250W 的功率、并耦合进芯径 105μm 的光纤中，相当于每八年功率增长 10 倍。

摩尔推测“集成电路板上将容纳更多的电子元件”。随后，每个芯片的晶体管数量每 7 年增加 10 倍。巧合的是，高功率半导体激光器已经以类似的指数速率，将更多的光子耦合进光纤中（见图 1）。

高功率半导体激光器亮度的提升，是各种无法预料的技术进步的结果。虽然需要新的创新来延续这一趋势，但有理由相信半导体激光技术的创新还远未走到尽头。随着工程的不断发展，人们所熟知的物理学可以进一步提升半导体激光器的性能。

例如，量子点增益介质有望在当前的量子阱器件上显著提高效率。慢轴亮度提供了另一个数量级的改进潜力。具有改进的散热和膨胀匹配的新型封装材料，将提供持续功率提升和简化热管理所需的增强功能。这些关键的发展将支持未来几十年高功率半导体激光器的发展路线图。

二极管泵浦固态激光器和光纤激光器

高功率半导体激光器的进步，也使下游激光器技术得到了发展，其中作为典型的是半导体激光器用于激发（泵浦）掺杂晶体（二极管泵浦固态激光器）或掺杂光纤（光纤激光器）。

虽然半导体激光器提供高效、小型、低成本的激光能量，但是它也存在两个关键限制：它们不储存能量并且其亮度受限。基本上许多应用需要有用的两种激光器；一种用于将电力转换为激光发射，另一种用于增强该发射的亮度。

二极管泵浦固态激光器。在二十世纪八十年代晚期，使用半导体激光器泵浦固态激光器开始在商业领域赢得了极大兴趣。二极管泵浦固态激光器（DPSSL）极大地减少了热管理系统（主要是循环冷却器）和增益模块的尺寸和复杂性，历史上增益模块曾使用弧光灯来泵浦固态激光晶体。

基于与固态激光器增益介质的光谱吸收特征的交叠，来选择半导体激光器的波长，这与弧光灯的宽带发射光谱相比，能显著降低热负荷。考虑到发射 1064nm 波长的钕掺杂激光器的普及，808nm 的半导体激光器长成为 20 多年来半导体激光器生产中产量最大的产品。

随着多模半导体激光器亮度的提高，以及在本世纪第一个十年中期使用体布拉格光栅（VBG）稳定窄发射线宽的能力成为可能，第二代改进的二极管泵浦效率得以实现。880nm 左右的较弱和光谱窄吸收特性，引起了人们对光谱稳定的高亮度泵浦二极管的极大兴趣。这些更高性能的激光器使直接泵浦钕的上激光能级 $^4F_{3/2}$ 成为可能，能够减少量子亏损，从而改善平均功率更高时的基模提取，否则将受到热透镜的限制。

到本世纪第二个十年早期，我们目睹了单横模 1064nm 激光器，以及在可见光和紫外波段工作的其频率转换激光器的显著功率提升趋势。鉴于 Nd：YAG 和 Nd：YVO_4 较长的上能态寿命，这些 DPSSL 的调 Q 运行提供高脉冲能量和高峰值功率，非常适合烧蚀材料加工和高精度微加工应用。

光纤激光器。光纤激光器提供高性价比的方式来转换高功率半导体激光器的亮度。尽管波长复用光学器件可以将相对低亮度的半导体激光器转换为更亮的激光器，但这是以增加光谱宽度和光机械复杂性为代价的。光纤激光器已证明在亮度转换中特别有效。

举例来说，比较以下最佳的激光器：其中 ~5kW 的 976nm 泵浦功率来自于 400μm 和 0.46NA 的光纤（95mm-mrad 的光束质量），相当于 0.55W/(mm-mrad) 的泵浦亮度。该泵浦光由光纤激光器转换为 ~4kW 的 1064nm 光束，从 20μm 和 0.06NA 的光纤输出，其亮度为 11,098W/(mm-mrad)。光纤激光器提供的亮度增强 >20,000 倍，或者超过四个数量级！

20 世纪 90 年代推出的双包层光纤，使用被多模包层包围的单模纤芯，可以有效地将更高功率、更低成本的多模半导体泵浦激光器导入到光纤中，从而创造出一种更经济的方法，

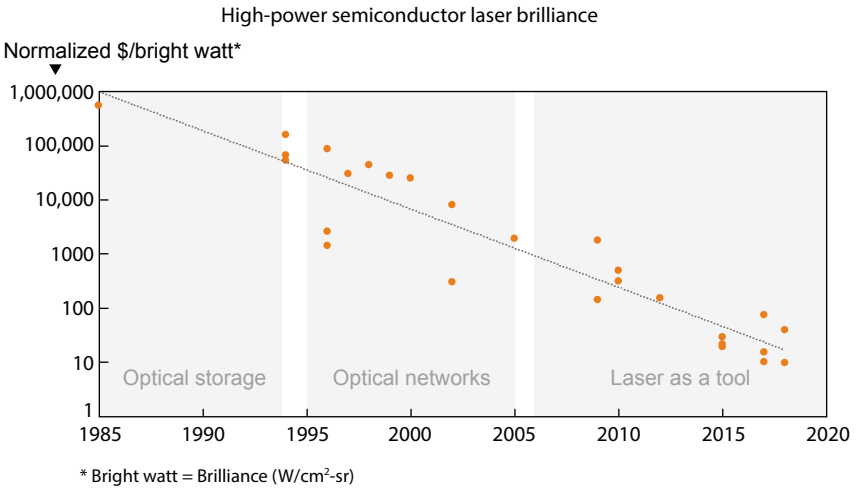


图2：高功率半导体激光亮度的提升，使得应用得以拓展。

将高功率半导体激光器转换为更亮的光源。对于掺镱（Yb）光纤，泵浦激发以 915nm 为中心的宽吸收带，或在 976nm 附近的较窄吸收带。随着泵浦波长接近光纤激光器的激射波长，所谓的量子亏损得以减少，从而使效率最大化并且使需要耗散的废热量最小化。

光纤激光器和二极管泵浦固态激光器，都依赖于二极管激光器亮度的提升。一般来说，随着二极管激光器的亮度不断进步，它们泵浦的激光器的功率也随之提升。半导体激光器的亮度改进倾向于促进更高效的亮度转换。

正如我们期待的那样，空间和光谱亮度对于未来的系统来说将非常必要，这将使固态激光器中窄吸收特征的低量子亏损泵浦、以及用于直接半导体激光器应用的密集波长复用方案成为可能。

市场和应用

高功率半导体激光器的进步，已使得许多重要的应用成为可能。由于高功率半导体激光器的每亮度瓦成本已以指数级降低，这些激光器既取代了旧技术，又使新的产品类别成为可能。

随着成本和性能每十年改善 10 倍以上，高功率半导体激光器以无法预料的方式扰动了市场。虽然很难精确地预测未来的应用，但是通过回顾过去三十年来构思未来十年的可能性（见图 2），也会带来很多启发。

20 世纪 80 年代：光存储和最初的小众应用。光存储是半导体激光器的首个大规模应用。Hall 最初展示红外半导体激光器后不久，通用电气公司的 Nick Holonyak 就展示了首款可见红光半导体激光器。在这之后二十年，光盘（CD）进入市场，并启动了光存储市场。

半导体激光技术的持续创新带来了光存储的发展，如数字多功能光盘（DVD），然后是蓝光光盘（BD）。这是半导体激光器的第一大市场，但通常中等的功率水平，使得一些其他应用仅限于相对较小的利基市场，如热敏打印、医疗应用以及精选的航空和国防应用。

20 世纪 90 年代：光网络繁荣。在 20 世纪 90 年代，半导体激光器成为通信网络的关键。半导体激光器被用于通过光纤网络传输信号，但是用于光学放大器的更高功率的单模泵浦激光器，对于使光网络经济地扩展、并真正支持因特网上的数据增长至关重要。[7]

高功率半导体激光器最初的先驱之一 Spectra Diode Labs（SDL）是所电信泡沫淹没的一个例子。SDL 于 1983 年成立，由 Spectra-Physics 和施乐公司合资组建，于 1995 年上市，市值约为 1 亿美元。五年后，SDL 在电信业爆发的高峰期间被 JDSU 以超过 400 亿美元的价格收购，这是历史上最大的技术收购之一。不久之后，电信业破灭，毁掉了数万亿美元的资本，现在看来，这可能是历史上最大的泡沫。[8]

21 世纪：激光作为一种工具。尽管电信业萧条非常具有破坏性，但高功率半导体激光器的大规模投资，为其被更广泛的采用奠定了基础。随着性能和成本的提升，这些激光器在各种各样的加工领域，正越来越多地取代传统的气体激光器或其他能量转换源。

基于半导体的激光器已经成为广泛应用中普遍使用的工具。其工业应用范围从传统制造工艺（如切割和焊接）到新的先进制造技术（如用于 3D 打印金属部件的增材制造）。微制造应用甚至更加多样化，因为智能手机等关键产品，已通过这些激光器的精确功率传输而在商业上变得可行。航空航天和国防应用涵盖广泛的关键任务应用，未来可能包括下一代定向能系统。

半导体激光器的未来

50 多年前，摩尔没有提出一个新的物理基本定律，而是指出了十多年前最初开始研究的集成电路的发展规

下转第38页

光束控制

激光材料加工驱动新的伺服控制技术

文/Eric Ulmer

随着激光材料加工应用变得越来越具有挑战性，数字伺服系统必须比模拟伺服系统以更高的精度、灵活性和精细度来控制激光束。

在过去的二十年中，激光加工在医疗、成像、打标和制造领域的应用呈指数型增长。这种增长得益于光束控制技术的进步，光束控制技术使得这些应用成为可能；另一方面，每种应用的独特需求，反过来又激发了用于转向激光束的伺服驱动器控制技术的新发展。

多年以来，模拟伺服驱动器已经成为性能基准，其具有灵活的调节配置，并能以具有吸引力的价格和外观体积提供有针对性的性能。然而，越来越多的应用具有特定的性能要求，而数字技术能够最好地满足这些要求。

数字伺服的优点

打标和编码、微加工以及增材制造等一些关键应用，不断对伺服性能提出新的要求。

打标和编码正在寻求更高的吞吐量，要求每秒能够标记出更多的字符数（CPS），同时还不能降低标记质量，或是标出同等字符数所需要的时间更短，以支持更高的传送带速度。

微加工追求能在更广泛的材料上实现精密加工特征，同时提高产量以满足大批量的需求。对于激光增材制造而言，紧密跟踪至关重要，因为它可以在加工介质上保持一致的功率密度，从而提供高质量零件。

对于上述任何一种应用，数字控制伺服驱动器都可以达到新的性能水平，这主要是因为状态空间模型（State Space Model）及其相对于模拟伺服的关键优势。

状态空间模型和Observer概述

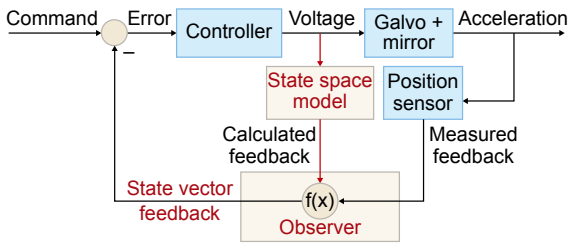


图1：图中显示了基于Observer的数字伺服中使用的典型控制回路。

状态空间模型通过检流计（也称为振镜）和反射镜的模型输入控制回路。振镜是机电器件，其可用与振镜的电气和机械参数相关的微分方程表示。例如，振镜的感应电流是由线圈的电阻、电感和反电动势（EMF）常数导出的，而振镜的转子加速度则来自其转矩常数、惯性和摩擦力。

在状态空间理论中，电流和转子加速度只是振镜系统模型中状态的两个例子。对于一个振镜系统而言，完全确定的状态空间模型有超过 10 种状态。这些状态共同模拟了振镜参数的相互依赖性以及系统输入、当前状态、未来状态和输出之间的关系。

状态空间模型包含实时系统反馈，以与实际的系统响应保持一致。这种反馈通过 Observer（见图 1）带入到状态空间模型中。每次将实际的驱动电压施加到真实振镜时，模拟电压施加到振镜模型上以产生其当前状态。Observer 将测得的系统反馈与计算得到的反馈相结合，并向控制器输出校正反馈。

由于状态空间模型提供对系统未来状态的洞察，因此可以实现预测性的定位控制。例如，如果模型知道系统下一个状态所需的加速度，则可以确定它是否在其物理限制内。如果驱动能力不足，则可以修改命令输入，以使其保持在系统的物理限制内。下文我们将探讨这个命令优化示例如何在不牺牲打标质量的情况下，将打标吞吐量比模拟伺服技术提升 30% ~100%。

预测的响应和优化的命令

利用在恰当位置的振镜系统的精确数字模型，可以操控控制回路，以

实现速度和精度的正确平衡。大部分速度增加来源于数字伺服预测系统对指令输入响应的能力。

在一些数字伺服设计中增加了前馈项，进而能在仍然保持稳定性和准确性的同时，对命令进行预失真以提高系统响应时间。在其他数字伺服设计中，系统带宽根据需要进行动态适应，并应用全驱能力，以使振镜响应与命令密切一致。在这两种方法中，都降低了系统跟踪延迟。

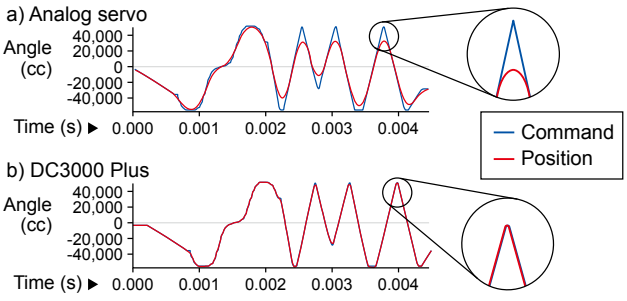


图2：典型模拟伺服引入的跟踪延迟（a）被数字DC3000 Plus伺服消除（b）。

数字伺服和零跟踪延迟

传统打标使用速度限制命令生成矢量图样。由于矢量端点的加速度要求很高，因此模拟伺服驱动器必须包含滤波，以为振镜对给定指令的响应加入延迟，限制改变速度和方向所需的驱动电压值。该延迟被称为系统的跟踪延迟，直接关系到系统的阶跃响应时间和最大线速度。

典型的振镜系统具有 100~1000 微秒的跟踪延迟。打标作业文件必须为这些延迟添加补偿时间以保持图样质量，这导致吞吐量受到了一定限制。

数字伺服系统在不牺牲稳定性的前提下，将这种跟踪延迟降低了 50%-100%。在了解模型中精确捕捉到的振镜和反射镜动态的基础上，数字伺服中的控制算法优化了输入命令特征，将加速度限定在某个值，从而将伺服保持在驱动电压范围内。这样一来，就可以消除额外的滤波，大大减少跟踪延迟，提高吞吐量。

在某些情况下，数字伺服控制算法可以完全消除跟踪误差。例如，DC3000 Plus 数字伺服驱动器在命令流中引入了一个小的延迟。它使用这个延迟来分析命令流和高加速度的平滑区域。然后根据需要动态适应带宽，以将所有可用的驱动电压锁定到后处理命令上，消除跟踪延迟（见图 2）。

使用零跟踪延迟算法，通常受伺服带宽限制的图样中的微精密特征，现在仅受驱动电压的限制，能将打标、微加工和打孔中最小特征的加工速度提高 2 倍。像牵切和增材制造之类的应用，也受益于施加在图样中的拐角和其他精确特征上的一致的激光能量密度。

通过运行相同的 6220H 振镜和 10mm 反射镜配置，以及相同的打标 / 跳跃速度和延迟设置，比较使用模拟伺服和 DC3000 Plus 数字伺服驱动器的激光打标产生的字符质量，可以明显看出减少跟踪延迟带来的益处（见图 3）。

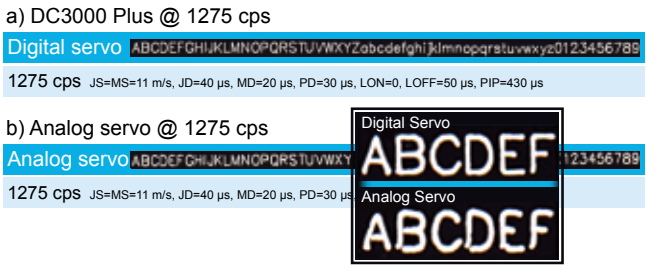


图3：使用数字伺服激光在打标纸上打标的字符（a），相比于模拟伺服器（b）具有更高的质量。

数字伺服驱动器相对小的延迟设置已进行了优化，并实现了 1275CPS 的打标速度。为了使用模拟伺服驱动器来获得相似的字符质量，则延迟设置需要增加近 3 倍，因此只能实现 900CPS 的打标速度。值得注意的是，来自数字伺服的优化命令仍然保留了原始图样的所有关键特征，因此在保证高打标质量的同时，将吞吐量提高了 40%。

自调节概述

状态空间模型还支持自调节能力。大多数数字伺服都包含这项功能，可以为生产质量、集成灵活性和现场可维护性带来诸多好处。

Observer 即可在闭环运行期间使用，也可用于自整定。在闭环运行中，Observer 用于在控制回路中进行轻微修正，而在自调节期间，Observer 用于校正振镜模型。

自调节过程从保存在伺服内存中的振镜预定义模型开始。当连接新振镜时，数字伺服捕捉设备的频率响应和其他系统参数来更新模型。接下来是精调过程，Observer 将模型的预期响应与实际振镜的响应进行比较，并通过多次响应迭代来调整模型参数，直到预期响应和实际响应彼此紧密匹配。此时，系统被认为调节到位（见图 4）。

简化的生产和现场服务

振镜系统必须与模型的默认状态密切保持一致，以便自调节过程成功

全球触显 聚在上海

SHANGHAI'S GLOBAL C-TOUCH & DISPLAY EVENT



国际全触与显示展
C-TOUCH & DISPLAY

2018 上海国际全触与显示展
C-TOUCH & DISPLAY SHANGHAI 2018

2018.6.27-29 | 上海新国际博览中心
Shanghai New International Exhibition Center

同期展会
In conjunction with

DISPLAY CHINA 2018

主办单位
Organiser

Reed Exhibitions Kuozhan
上海励扩展览有限公司

参展联系 Exhibitor Contact

陈慧琳 Kelly Chen
电话 Tel: 021-2231-7012
传真 Fax: 021-2231-7182
邮箱 E-mail: Info@reedkuozhan.com
www.quanchu.com.cn/sh

观展联系 Visitor Contact

孙梅 Summer Sun
电话 Tel: 010-5763-1828
传真 Fax: 010-8518-8016
邮箱 E-mail: mei.sun@reedexpo.com.cn
www.quanchu.com.cn/sh

关注官方微信
Follow us on WeChat

完成。由于这个原因，自调节可以帮助识别组装过程中的边际组件。例如，较大的谐振频率变化，可能表明反射镜的安装不正确。精调过程中出现的高噪声水平，可能暗示了电缆连接问题。简言之，自调节是确保高质量装配的综合验证步骤。

与数字伺服相反，模拟伺服调节过程在很大程度上与组件级别的变化隔绝。调节过程本质上是监测黑盒子系统的位置反馈，同时调整伺服增益项，以获得对预定命令输入的期望响应。只要可以调节整定项以实现所需的响应，系统就被认为是验证过的。即使有经验的调谐人员也可能观察不到来自微小反射镜共振频率的轻微改变。

模拟伺服调节过程随控制架构的类型和每种应用的特定标准而有很大的不同。模拟伺服的灵活调节策略，在达到调节熟练度之前需要大量的用户经验，并且通常由高度训练有素的技术人员使用昂贵的测试设备来完成。因此，模拟伺服调节几乎总是由伺服板供应商来完成，这往往会限制现场可服务性的选择。

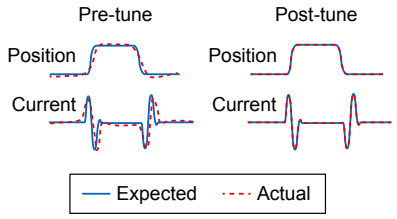


图4：在自调节过程中，将实际系统反馈与模型的预期结果进行比较，以调节模型参数；图中所示为自调节过程之前（a）和之后（b）的系统响应，其中顶部曲线显示位置，底部曲线显示电流。

数字伺服驱动器的自调节极大地简化了调节过程，使新用户更容易上手。它还可以实现灵活的清单控制：由于数字伺服可以在任何时候进行调节，因此它可以与振镜和反射镜分开提供，数量上也比较灵活。例如，如果配置上只是反射镜膜层类型不同，激光工具制造商可以根据需要，将振镜和伺服重新定向到合适的镀膜反射镜上。相比之下，模拟伺服则需要对不同的反射镜膜层类型，在清单中要求完整的振镜 - 伺服 - 反射镜配置。

现场服务通过自调节进行了简化，因为该过程对于成功的校准只需要非常少的技术输入。一旦现场服务人员发现了故障组件，他们只需要更换故障部件并启动重新调节过程。这将组件拆卸限制在了需要的范围内，使剩余的配置保持在准备运行状态，从而最大限度地减少了客户的停机时间，并使更换组件更容易备库存。在相同的情况下，模拟伺服将需要更换整个配置，并返回工厂进行修理和重新调节。

增强的监测和系统保护

利用数字振镜的模型和热阻，可以持续监测振镜的功率消耗，以确保温度保持在安全的工作范围内。伺服还可以使用热模型，在振镜运行期间加热时引入振镜模型的变化。由于振镜的电阻、电感和转矩都受到较高功耗的影响，因此伺服电机可以对这些参数的变化进行补偿，以从初始上电到高占空比工作均保持稳定响应。

数字伺服技术不断加强现有和新兴的激光材料加工应用。预计下一代数字伺服系统将会改进和支持新的应用需求。这可能包括更好的建模、更快的速率、更高分辨率的命令和位置反馈、预测性维护算法、完整的系统安全检查以及增强的与系统控制器和激光器的同步。❑

上接第34页

律。他的预言持续了数十年，并实现了一系列颠覆性创新，这些在 1965 年是无法想象的。

当 Hall 在 50 多年前展示半导体激光器时，他发起了一场技术革命。与摩尔定律一样，没有人能预测到随后各式各样的不同创新所带来的高功率半导体激光器的辉煌成就。

物理学并没有基本的规律来统治这些改进，但持续的技术进步很可能在辉煌中维持这种指数级的发展。半导体激光器将继续取代传统技术，并将进一步改变事物的制造方式。对经济增长更为重要的是，高功率半导体激光器也将改变可以制造的事物。❑

参考文献

1. P. A. David and G. Wright, Gavin, "General purpose technologies and surges in productivity: historical reflections on the future of the ICT revolution," The Economic Future in Historical Perspective, edited by P. A. David and M. Thomas, Oxford University Press for the British Academy (2003).
2. G. Moore, "Cramming more components onto integrated circuits," Electronics, 38, 8, 114 (Apr. 19, 1965).
3. R. N. Hall, G. E. Fenner, J. Kingsley, T. J. Soltys, and R. O. Carlson, Phys. Rev. Lett., 9, 366 (1962).
4. See https://youtu.be/3B1P9ERCaxg.
5. D. F. Welch, IEEE J. Select. Topics Quantum Electron., 6, 6 (Nov/Dec. 2000).
6. Brilliance or "Bright Watt," defined as (watt/cm2-sr) or watt/(mm-mrad)2.
7. See https://goo.gl/QmY88o.
8. "The great telecoms crash," The Economist (Jul. 18, 2002); see www.economist.com/node/1234886.

CASTECH®
福晶科技

慕尼黑上海光博会 LASER PHOTONICS CHINA
展位号：W4.4342
参展时间：2018.3.14-16

福建福晶科技股份有限公司（简称“福晶科技”），主要从事非线性光学晶体、激光晶体和精密光学元器件的研发、生产和销售，其产品广泛应用于激光、光通讯、半导体、生命科学、医疗设备和检测探测仪器等各工业领域。公司于2008年3月19日在深交所上市（股票代码002222）。

公司目前拥有900多名员工，超过4万平方米的生产厂房，创立至今近三十年，公司逐步发展了熔盐法、提拉法、水溶液法等多种晶体生长技术；建立了包括德国LOH数控研磨机、韩国光进上下摆机、日本Speedfam双抛机、环抛机等在内的全套高精度光学元件生产线；开发了IBS、IAD、Ebeam等多种镀膜工艺以适应不同应用需求。此外，公司的检测技术与设备也处于业界领先地位，拥有Zygo、Nikon、Trioptics、Hinds等各类先进检测仪器。公司产品深受国际业界推崇，是全球众多顶级厂商的首选供应商。

PRODUCTS

晶体

1、非线性光学晶体
2、激光晶体
3、双折射晶体
4、磁光晶体
5、闪烁晶体

精密光学元件

1、球面&柱面透镜
2、反射镜、棱镜、窗片
3、波片、偏振元件
4、光栅
5、IBS,IAD 高损伤阈值镀膜

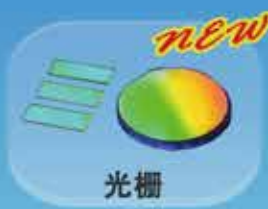
激光器件

1、高功率光隔离器
2、扫描场镜(355/1064nm)
3、扩束镜
4、声光&电光Q开关
5、温控炉（仪）


LBO


精密光学元件


BBO


new
光栅


new
CLBO


红外光学元件


new
TGG/TSAG


高功率光隔离器


$Nd:YVO_4$


扫描场镜


new
Er:Cr:YSGG

地址：中国福建省福州市软件大道89号F区9号楼　　邮编：350003
电话:+86-591-83710533（总机）83771604　83512926（中国区）　　传真:+86-591-83711593
Http://www.castech.com　　E-mail:sales@castech.com

核心竞争力

光纤技术的发展，实现了光纤激光设备在诸多市场领域大规模生产中的广泛应用。

文/Lynn Stanley

汽车发动机将汽油转化为动力，但是其分火盖通过将高电压从点火线圈传递到火花塞，使车辆运动起来。传统的分火盖已经让位于电子点火系统，随之而来的是汽车制造商的最新发展——无分火盖点火系统。

得益于光纤技术进步的驱动，光纤激光器已经获得了长足的发展。在过去的十年间，光纤激光器的快速工业化和快速采用，在很大程度上要归功于物理学家 Valentin Gapontsev 先生，是他引领了光纤技术的发展。

“我的梦想是看到激光器能像电脑一样，成为批量生产中的一个首选工具，而不是在许多应用中被视为万不得已的选择。”Gapontsev 说道。

Gapontsev 先生于 1991 年在俄罗斯成立了 IPG Photonics 公司。该公司从意大利电信运营商 Italtel 那里获得了第一份重大合同，随后又从戴姆勒 - 奔驰航空航天公司赢得了第二份合同，这促使 IPG 于 1994 年在德国开设了一家工厂。1998 年，IPG 在美国马萨诸塞州伍斯特市成立了其全球总部。

2000 年，IPG 建造了全新高产能工厂，用于制造自己的二极管泵浦源。泵浦二极管是 IPG 的光纤激光器和放大器中的关键部件。



图1：自动化有望驱动激光焊接在汽车等市场的应用。

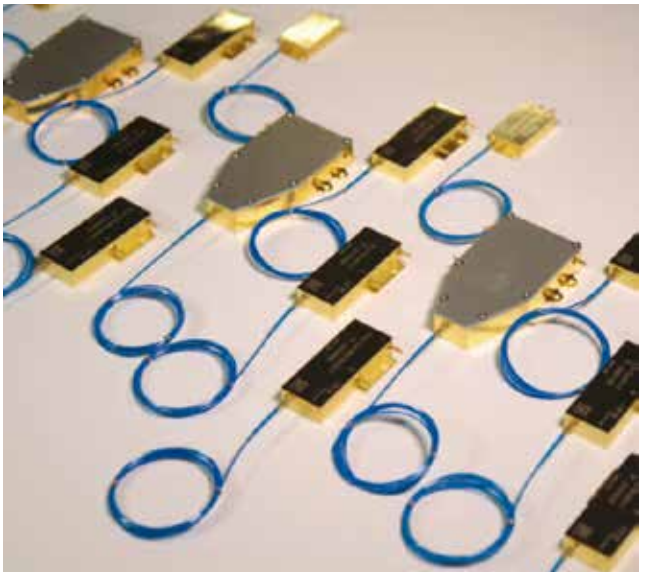


图2：IPG的光纤和泵浦二极管，不仅具有成本效益，且提供出色的光束质量。

五年后，IPG 在美国上市。今天，IPG 能够为光纤激光设备制造商提供从光纤和光学器件、光束耦合器与开关，到加工头、准直器（一种使光束变窄的器件）、过程控制和工具选择等一整套完备的光束传输组件。

快速前行的步伐

“切割市场的趋势是更高功率、更快速度以及切割更厚的材料。”IPG 北美销售总监 Bryce Sampson 说：“为了满足切割市场领域的这些需求，光纤激光设备中所配备的激光器，必须能够在切割材料越来越厚的情况下，提供卓越的切割质量。我们的工作是以具有成本效益的价格，提供光纤技术。”

Sampson 表示，激光设备造商正在将 IPG 的激光器与他们自己的硬件和软件结合在一起。“正因为如此，我们在 2017 年美国国际金属加工及焊接展览会（Fabtech）上看到了许多光纤激光设备都增添了新功能，而这些功能在三年前是无法提供的。”

CIOE | 中国光博会

UBM

20th ANNIVERSARY

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

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

专注于激光精细加工和创新应用

同期展会

- 光通信展 Optical Communications Expo
- 红外技术及应用展 Infrared Applications Expo
- 精密光学展 镜头及摄像模组展 Precision Optics, Lens & Camera Module Expo
- 光电创新及军民融合馆 Photonics Innovation Pavilion

2018年9月5-8日

深圳会展中心

展出面积：**110,000平米**

参观观众：**65,000+人**

参展企业：**1,700+家**

*以上为CIOE 2018预测数据

关注CIOE官方微信
了解展会最新动态

电话：0755-86290901

E-mail：cioe@cioe.cn

WWW.CIOE.CN

现在，在很多情况下，制造商在面对汽车和其他领域的零部件材料切割应用时，都会选择光纤激光切割机，而放弃了等离子切割机和水射流切割机。

然而，光纤激光器在材料切割领域之外的应用还远未成熟。“我们感觉到，激光焊接和钎焊（金属连接）将是下一个最具增长潜力的市场，”Sampson 说，“汽车是最早在其产品线上使用激光焊接的领域，因为自动化机器人系统非常适用于汽车生产。”

Sampson 解释说，其原因在于汽车制造商“有能力为一项特定的工艺技术设计零件”，而对于那些没有专门为像激光焊接这样的技术重新设计零件自由的行业而言，这通常是一项障碍。

“随着自动化变得越来越经济、机器人变得越来越容易编程，我们预计激光焊接的应用会随之增加。”—— Bryce Sampson, IPG

“随着自动化变得更加主流，也更加经济，机器人变得更容易编程，我们预计激光焊接应用会随之增加，”Sampson 说，“我们的工作是让技术走向应用。”

摆动和焊缝追踪

IPG 的摆动和焊缝追踪焊接头适配器，使得制造商在焊接如铝、铜和钛等易产生高反的光亮材料时，能够获得一致的焊接效果。过去焊接此类敏感材料时，通常会导致诸如气孔和热裂纹等缺陷。

在加工那些难以焊接的材料时，IPG 的摆动和焊缝追踪焊接头适配器能够确保焊缝的一致性。

有了摆动焊接头，制造商可以调整不同的模式、振幅和频率，以最大限度地优化工艺，将缺陷降到最低。另外，IPG 的这款摆动焊接头还允许制造商焊接不同材质的金属。一般情况下，一种材料会比另一种材料具有更高熔点或更高反射率的两种金属。



通过摆动头可以控制两种材料的熔化行为，并通过选择正确的摆动参数来平衡它们。通过控制金属间化合层的熔化和凝固，来提高焊接质量。

“我们将两种技术整合为一个紧凑的模块。”Sampson 说，“这种设计有利于同步激光束摆动和焊缝跟踪。通过摆动激光束，焊接质量和表面光洁度得以提升。”

同时，当焊缝位置发生变化时，焊缝跟踪器能够自动调整焊接头的横向位置。“焊接头在没有填充材料的情况下，提升了间隙搭桥能力，并可得到高质量焊缝表面，同时整条焊缝的一致性也可明显提升。”Sampson 说。该模块即插即用，并与 IPG 的 D50 大功率焊接头兼容。

清洗与打标

光纤激光器在消融、打标和雕刻领域的应用不断增多。

激光消融正在吸引来自航空航天和汽车等领域越来越多客户的群体关注。该工艺可用于去除油漆、清洁模具或在焊接前去除氧化层和涂层。“它的速度更快，并且产生的废料更少。”Sampson 说道。

此外，打标和雕刻是光纤激光器以性能著称的另外两种应用。“这实际上是我们最大的市场之一。”Sampson 说。

“可追溯性需求和规格的多样性，特别是在医疗器械领域，使得能够对零件进行打标和雕刻至关重要。”

光纤激光器也正在越来越多地与自动化加工相结合。“现在，高产量需求正在驱动制造商做出零件生产线自动化的决策，”Sampson 说，“与此同时，制造商也必须要考虑零件设计。如果零件合适自动化生产、并且有量产需求，那么光纤激光器自然会成为自动化解决方案的一部分。”

IPG 的构建模块——光纤和泵浦二极管，为公司提供了一个“以更低成本提供更高输出功率和卓越光束质量的产品平台。其包层侧泵技术和分布式单管泵浦架构，是将光纤激光器技术应用于众多行业的大规模生产的关键环节。

“我们是一家垂直整合的公司，”Sampson 解释说，“我们成功的关键是我们的技术都是自己开发的，这使其成本更加低廉。我们能够尽可能广泛地构建我们的网络，因为我们的产品独立于任何其他品牌。我们正在尝试通过与尽可能多的人合作，来扩大光纤激光器在市场上的应用。”（原文刊登在《FFJournal》杂志上）❑

XZQ 2007-2018 | 2018 LASERFAIR China Laser Innovation Conference

www.laserfair.cn



2018年5月17-19日
深圳会展中心

May 17-19,2018
Shenzhen





中国激博会

中国(深圳)
激光与智能制造博览会

CHINA(SHENZHEN)
LASER AND INTELLIGENT MANUFACTURING FAIR

May 17–19, 2018 SZCEC · CHINA

同期活动：

第十二届亚洲（深圳）国际激光应用技术论坛
THE 12th ASIA(SHENZHEN) INTERNATIONAL LASER APPLICATION MANUFACTURING FORUM

了解更多展会资讯
请扫码关注

深圳市星之球信息科技有限公司 (XZQ Laser)
Shenzhen XZQ Information Technology Co., Ltd
Tel: 86-755-2320 7500 86-769-22381699

广东省激光行业协会 | 中国仪器仪表学会深圳联络处
Guangdong Laser Industry Association
China Instrument and Control Society liaison office in Shenzhen
Tel: 86-755-8212 9237 联系人: 邵 火

熔融石英F–Theta物镜

Jenoptik 针对高功率激光加工应用推出的新型完全熔融石英 F-Theta 物镜和 F-Theta 标准透镜，采用新设计对 VIS 性能进行了一系列更新与改进，可在 1030~1080nm 的范围内，对制造过程进行可视化监控。



在 500~680nm 范围内，透镜的透光率可达 85%以上，并可通过图像传感器和滤光片的简单组合实现直接过程监测。

该物镜的主要优势包括：采用特殊的低污染安装设计，耐用性好；精度高，适用于各类材料的微加工；灵活性强，能快速而轻松地集成到现有系统中；提供标准版或根据个人需求特别定制的版本；具有良好的连续稳定性。

适用于微电子学、半导体工业、汽车工业、医疗等领域的精密加工。

Jenoptik，www.jenoptik.com.cn

用于焊接应用的二极管激光器

Laserline 的 LDM 6000-100 二极管激光，采用工业标准的紧凑型 19 英寸机架式安装设计，从而能作为一种标准工具集成到用户系统中。



LDM 6000-100 可提供高达 6kW 的输出功率，光束质量 100mm•mrad，可与 Nd：YAG 固体激光器相媲美，但是输出效率却高出很多。LDM 6000-100 是焊接、热处理修复焊接等应用的理想选择，并具备优化多种激光焊接的功能。

Laserline，www.laserline.de

ADMAFLEX 130高密度陶瓷打印机

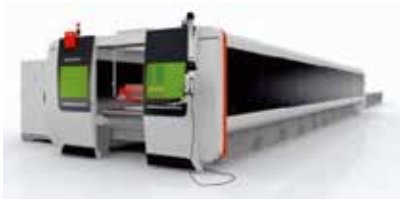
Admaflex 130 适用于高密度功能陶瓷零部件的精密 3D 打印，利用先进的 ADMAFLEX 专利技术，可实现最快每小时 20~25mm 的打印速度。通过独创的浆料循环过滤系统，实现浆料几乎无损的循环使用。集成的 DLP 光机系统通过高精度解析度实现大尺寸产品打印，同时可实现微小零件并保留所有细节设计。通过自主设计的触摸屏控制系统，用户可逐层设置参数。全防护的机体设计，确保最优的陶瓷产品打印过程。



科艺仪器，www.anpico.com

超大幅面光纤激光切割系统

百超推出的 BySprint Fiber 12020 光纤激光切割系统，具有超大幅面切割空间，可以加工长达 12 米的超大幅面金属板材，并且灵活性高，即使有色金属也能高质量地加工。



根据用户的实际需求，该切割系统可以配备百超的 Fiber3000、4000 或 6000 激光源。除了用于切割超大幅面的金属板材外，该系统也可以用于加工较小的金属板材，只要将这些小板材排列在长切割工作台上即可。

该切割系统能够实现高工件产量和卓越的切割质量，配合不同激光功率，能够加工较薄至中等厚度的板材。辅助功能 (Power Cut Fiber、Cut Control Fiber、割嘴更换装置、Detection Eye) 和自动化选装装备，能在最大程度上扩展应用范围。该系统耗电低且无需激光气体，因此运行成本低。

Bystronic，www.bystronic.com

光纤激光加工头

LASAG 公司（已被相干公司收入旗下）推出的 FLBK40 紧凑型轻量（最轻 1.1kg）光纤激光加工头，结构牢固可靠，采用符合人体工程学和经过工业验证的设计。



FLBK40 专门针对空间受限和具有最小运动要求的工业激光应用而优化。该模块化的光束传输系统包括各种准直器、聚焦透镜、相机、相机适配器和一个红外照明器，其可以快速配置，实现基于光纤激光器的切割、焊接和钻孔应用。红外照明器为可选元件，器保证了独立于周围光线条件的极好的观看质量。

FLBK40 适用于医疗、电子、手表等领域的精密微加工应用。

LASAG，www.lasag.com

简化生产步骤的电动扩束镜

Jenoptik 的新型电动扩束器 1x-8x 是 Jenoptik F-theta 镜头的理想选择，可提供 355nm 或 1030~1080nm 波长。通过软件下达命令，可以实现 1x-8x 连续调整扩展。



数控机床与金属加工展

2018年9月19-23日 国家会展中心(上海虹桥)

2H & 3H & NH馆



Deutsche Messe

FIERA MILANO

东浩兰生 EAST FIRST & LANSHENG

www.metalworkingchina.com

欢迎垂询：021-5045 6700-222/246/284

扫一扫
关注微信公众号

Metal+Tech FOSHAN

2018年11月27-30日
广东(潭洲)国际会展中心·佛山

在制造过程中，改变光束的扩展会改变工件上的光斑尺寸，光束可以调整到最佳光斑尺寸，显著提高质量和生产力。激光束的发散能得以精确调整，以在整个系统中实现公差补偿。控制发散还可以改变工作平面的位置，例如可用于 3D 处理。自动放大和聚焦这两项功能有助于缩短安装时间。

扩束器结构紧凑，坚固耐用。镜头在对焦或放大过程中不旋转，但在直线导轨内移动，从而获得出色的光束稳定性和持续的高品质。

光学系统的设计使得在整个扩展范围内，都可以实现衍射极限的图像质量。优化的涂层可以确保在 355nm 和 1030~1080nm 波长范围内，获得最高透射率和最小热效应。

Jenoptik，www.jenoptik.com.cn

飞博1500/2000W光纤激光器

上海飞博激光科技有限公司的 1500/2000W 光纤激光器，重新整合了光纤技术与切割工艺，进一步优化了光束整形技术，提升光束质量，革新了反射隔离技术，获得了革命性的切割优势。



这两款产品分别提供 1500W 和 2000W 的输出功率，中心波长 1070~1090nm，功率稳定性 < 2%，光束质量 < 1.3(@1500W/2000W 单模)、< 6(@1500W/2000W 多模)。在切割厚度方面，1500W 产品切割碳钢板的厚度可达 16~20mm，切割不锈钢的厚度可达 8~10mm，是中功率厚板切割的佼佼者。在切割速度方面，如切割 20mm 碳钢板，速度可达 0.5m/min。

这两款激光器既可切碳钢和不锈钢，也能切高反射、高熔点材料，如黄铜、紫铜和铝等。若增配特定功能，还可以切金和银。

上海飞博激光科技有限公司，www.feibolaser.com

声光调Q 光纤激光器



创鑫激光开发的 MFP 声光调 Q 系列脉冲光纤激光器，具有高效率、高可靠性、高性能的特点。激光器的输出波长 1064nm，结构紧凑，体积小巧；光电转换率 >25%；快速调制响应，免维护运行；超长使用寿命。

产品在设计上充分考虑了安全性，操作便捷，自动适配用户需求，整体免维护，可直接集成至用户设备，能满足绝大部分塑料打标、所有金属标记、深雕、表面清洗、高精度薄板切割、钻孔等应用。

创鑫激光，www.maxphotonics.com

全新手持拉曼专用光谱仪

台湾超微光学（OtO Photonics）的手持拉曼专用光谱仪，以小体积、一手掌握、客制化收光镜头、加强聚光、对位准确、缩短镜距、可自由选配激光等为设计理念，客户可根据需求选择进光口，包括收光镜头、SMA905 接头、无 SMA905 接头。



该手持拉曼专用光谱仪使用 NIR 增强传感器及高性能 32bits RISC 微控制器，具有卓越的灵敏度、高光学分辨率、高讯噪比、高动态范围、等优异性能。搭配 785nm 激光，波数范围可达 3500cm^{-1}，还可选择内置滤除 785nm 激光的高通滤光片，OD 值高达 6 以上。

OtO 拥有有完整而强大的拉曼演算套件，帮助用户建立自己的拉曼演算系统。对于拉曼资料库及算法所需的高速运算系统，OtO 为客户提供 Raspberry PI 3 平台，与光谱仪之间使用 USB2.0 高速通讯，提供 Linux 开发环境，轻松连结及控制外围装置，降低系统开发难度。

台湾超微光学，www.otophotonics.com

切割速度提升30%的防尘自动调焦激光头

嘉强推出 BM111 防尘自动调焦切割头，能将切割速度提升 30%。BM111 采用全封闭式包裹光路，从镜片到内部螺纹的每个地方都做了防尘设计，防尘等级 IP65，镜片污染可能性几乎为零，增加镜片使用寿命、减少维护成本。



根据切割板材的厚度和形状的不同，可设置相关数值，使激光头快速精准地自动调焦，减少人为干预，操作更便捷，切割质量更好。

BM111 具备快速穿孔能力，20mm 厚碳钢板预定穿孔时间可 < 3s，充分提高加工效率和产能。实际测试切割不同材料的切割速度，结果显示，在同等条件下，BM111 的速度提升了将近 30%，大幅减少加工时间。

嘉强激光，www.empower.cn

Future Now

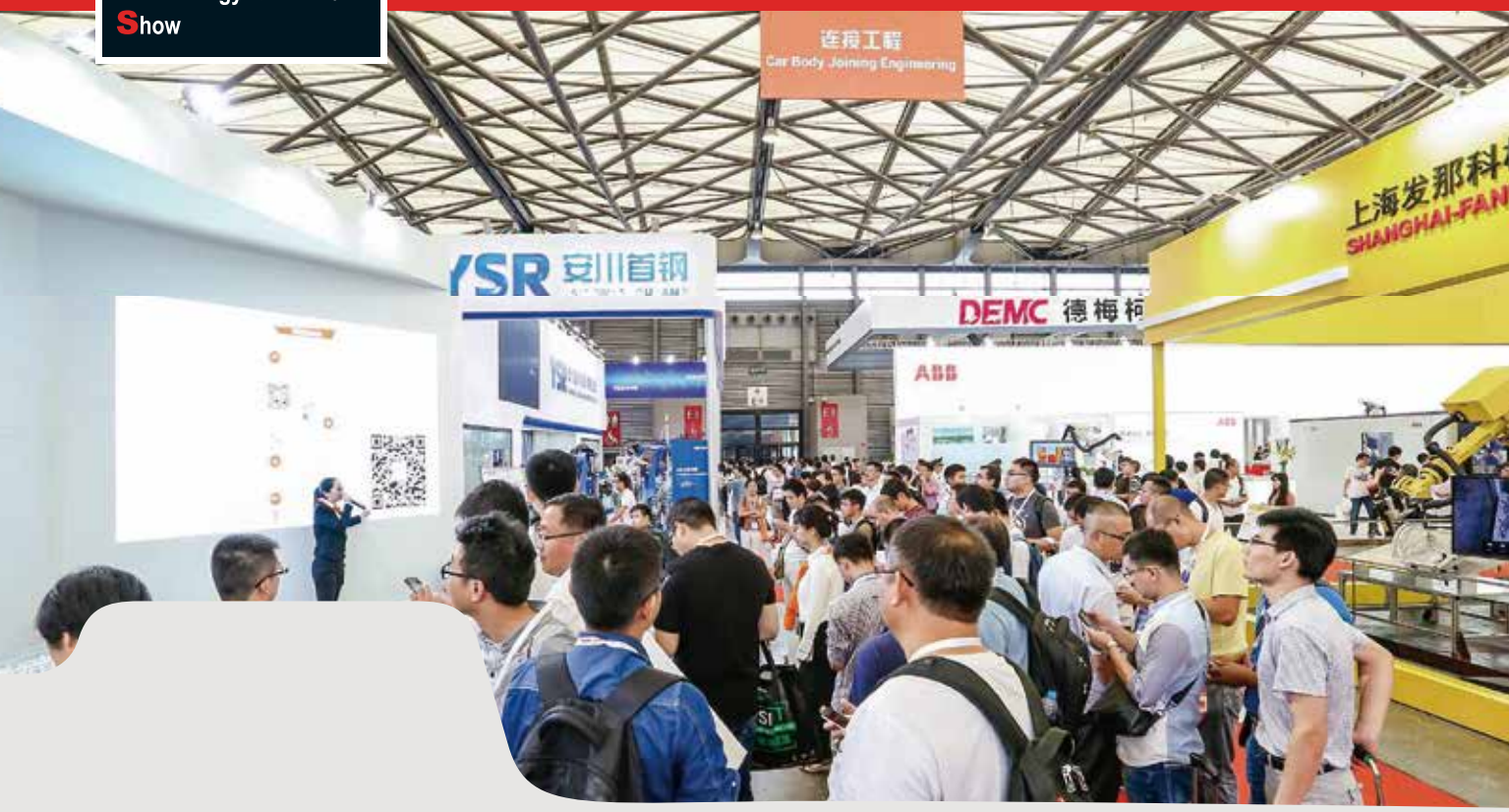
未来已来

AMTS

Shanghai Int'l
Automotive
Manufacturing
Technology & Material
Show

中国汽车装备第一展

聚焦集成化激光智能制造及柔性加工系统在汽车行业的应用



新展期
新规划
10个展馆
11万平米

2018.7.4-7

上海新国际博览中心 W1,W2,W3,E1,E2,E3,E4,E5,E6,E7 馆

扫描二维码，提前预登记
享绿色通道，免50元门票

SINCE
2004

86-21-64681300 amts-visitor@for-expo.com www.shanghaiAMTS.com

Advertiser	广告商名称	网址	页码
ACS Motion Control China		www.acsmotioncontrol.cn	13
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
AMTS Shanghai	中国汽车装备第一展	www.shanghaiAMTS.com	47
贝林激光		www.bellinlaser.com	IFC
CASTECH Inc.		www.castech.com	39
CIOE	中国光博会	www.cioe.cn	41
COHERENT INC.		coherent.com/excellence	7
C-Touch & Display Shanghai	上海国际全触与显示展	www.quanchu.com.cn/sh	37
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/038-8616	23
FISBA		www.fisba.com	19
Indium Corporation		www.indium.com	17
Jenoptik Optical System GmbH		www.jenoptik.com.cn	15
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	27
LaserFair	中国（深圳）激光与智能制造博览会	www.laserfair.cn	43
Lumentum Operations		www.lumentum.cn	21
MWCS	数控机床与金属加工展	www.metalworkingchina.com	45
Newport	理波光电	www.spectra-physics.com/products/q-switched-lasers/	1
Pinnacle Scientific	顶尖科仪	www.psci.cn	9
PRECITEC		www.precitec.de/cn/products	5
上海超时电子		www.chaoshi18.cn	29
Zemax		www.zemax.com	3
II-VI		www.ii-vi.com	11

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

Publisher & VP of Sales & Marketing (社长及销售副总裁)
Mark Mak (麦协和)
markm@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

PennWell Corporation
98 Spit Brook Road, Nashua,
NH 03062-5737 USA

Group Publisher
Alan Bergstein
alanb@pennwell.com

Editor in Chief
Conard Holton
cholton@pennwell.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

Hong Kong (香港特区)
VP of Sales & Marketing (销售副总裁)
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 67484833

Wuhan (武汉)
Sky Chen (陈燕)
skyc@actintl.com.hk
Tel: 86 137 2373 9991
86 27 5923 3884/1564

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)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

North America (北美)

Southeast, Midwest, Mid-Atlantic and Eastern Canada
Jeff Nichols
Jeffn@pennwell.com
Tel: 1-413-442-2526

US-West and Western Canada
Anne Marie St.John-Brooks,
annemarie@pennwell.com
Tel: 510.606.0630

Europe & Middle East (欧洲及中东)

Europe
Holger Gerisch
holgerg@pennwell.com
Tel: 49(0)8801 9153791

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

激 光 世 界

LaserFocusWorld® China

《激光世界》杂志创刊于 2005 年，是世界著名杂志《LaserFocus World》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一本专业期刊。《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、市场讯息以及中国本地市场的相关报导。在内容方面，《激光世界》中目前有50%的内容精选自获得独家授权的行业知名杂志《Laser Focus World》，其馀内容来自中国本土市场。

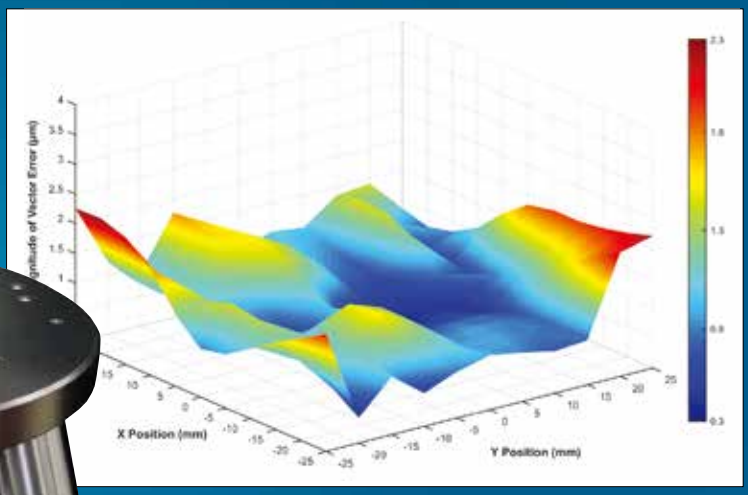
免费索阅



www.laserfocusworld.com.cn

ACT

无与能比的定位性能



在XY平面Z方向的三维矢量精度误差为0 毫米



HexGen™是Aerotech的Hexapod(六自由度定位平台)系列产品最新一代的六自由度定位系统

HexGen™六自由度定位平台是具有大负载、高速度和超高定位精度需求的理想选择。HEX500-350HL具备无与能比的定位精度（直线定位精度是 (±0.5 µm，角度定位精度是 ±2.5 µrad）和定位分辨率（直线轴分辨率是20nm，角度分辨率是0.2 µrad）。简而言之，HexGen™系列是六自由度定位平台市场上最好性能的产品。

请联系Aerotech的应用工程师，或者登陆我们的官方网站获取更多的信息，了解Aerotech的六自由度定位平台是如何提高您定位应用的。

AEROTECH www.aerotech.com · +86 (21) 6126 1058