光 学 和 光 电 子 产 业 的 主 导 刊 物

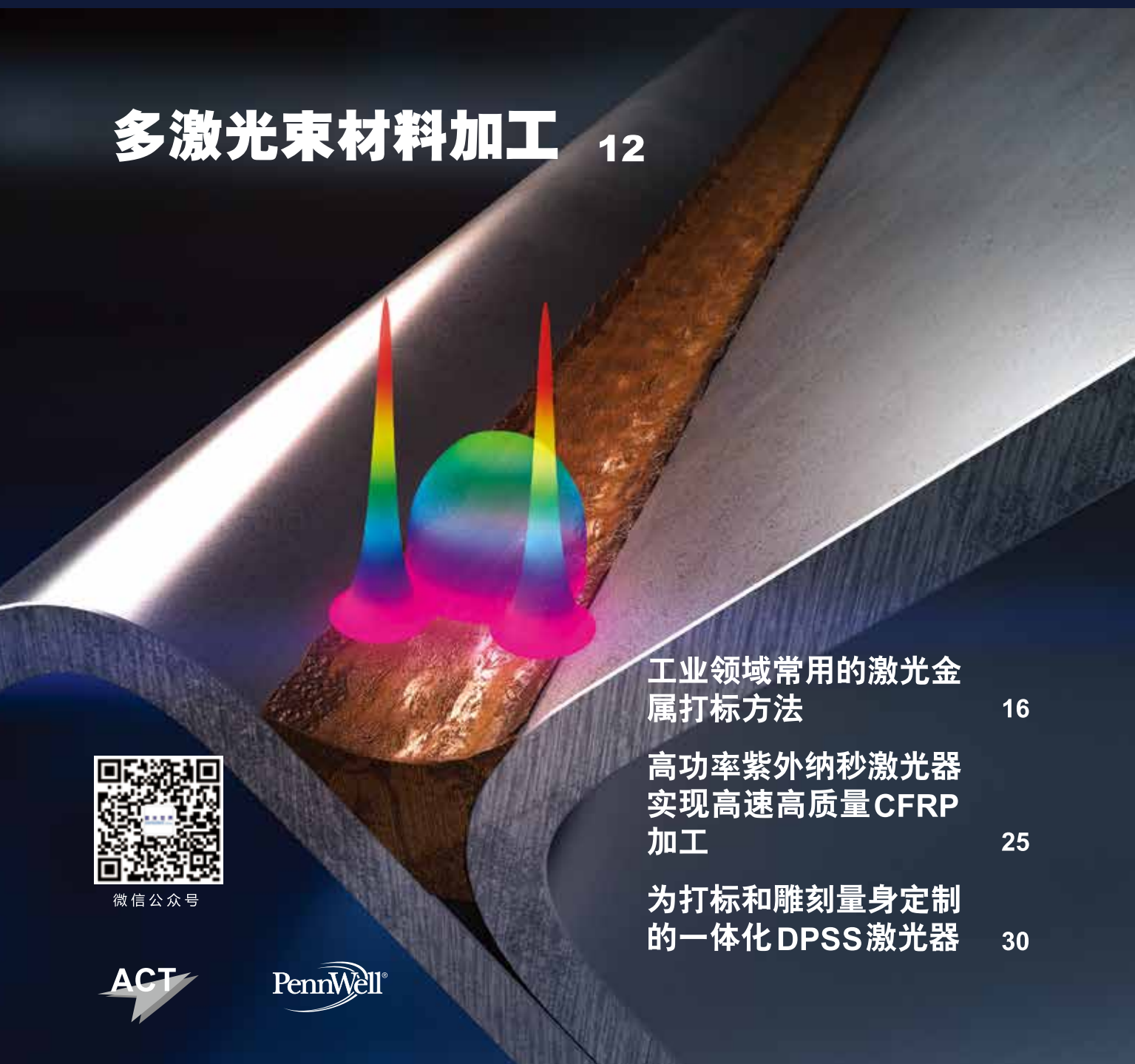
激光世界

LaserFocusWorld® China

www.laserfocusworld.com.cn

2016年3/4月 第2期

ISSN: 1817-6917



多激光束材料加工 12

工业领域常用的激光金属打标方法 16

高功率紫外纳秒激光器实现高速高质量CFRP加工 25

为打标和雕刻量身定制的一体化DPSS激光器 30

微信公众号

ACT

PennWell®

LaserFocusCon
激光聚会 2016

7月 • 苏州　11月 • 武汉

激光技术是“打造21世纪创新”的主要动力之一，刚过去的一年更被联合国划定为“国际光年”，是对激光技术应用的充分肯定。中国制造 2025 行动纲领，设定了中国从制造大国迈向制造强国的目标，在接下来十年的中国制造业发展规划中，激光产业将会迎来哪些新机会？激光技术将为制造业带来哪些创新与突破？去年11月于武汉举办的首届Laser FocusCon 2015 激光技术聚焦峰会，赞助企业包括 IPG、德国 DILAS、华工科技、Laserline、通快、罗芬激光及西安炬光等公司，会议由《Laser Focus World》杂志英文版主编 Conard Holton 先生主持，各位嘉宾从实际应用出发，与现场一百多名专业听众分享了最先进的技术应用和行业发展动态，会议赢得业界的广泛好评。在此基础上，LaserFocusCon 2016 研讨会，将以“激光技术于中国智能制造”为主题，分别在苏州和武汉继续组织两场研讨会。



会议内容（拟定）

- 全球激光和光电市场分析：趋势、新市场与应用和机遇
- 激光技术在钣金加工中的应用
- 激光技术在新能源（动力电池、光伏、LED照明等）
- 制造中的应用
- 超快激光微加工技术及应用
- 直接半导体激光器在材料加工领域的应用
- 激光增材制造 / 激光熔覆 / 激光金属 3D 列印

咨询

姚丽莹 Hatter Yao
hattery@actintl.com.hk
86-21-62511200 / 13917713422

激光市场能否在全球经济放绥中脱颖而出？

大多数经济预测都认为，全球经济发展正处于在放绥状态。然而，激光技术颇具吸引力的投资回报和能源效率，将有望使全球激光器销售额于 2016 年再创佳绩。

摘自 2016 年《激光世界》1/2 月第八页

主办单位
激光世界 LaserFocusWorld China 杂志社

联系我们
香港 852-28386298
深圳 86-755-25988571
北京 86-13011108861
武汉 86-13723739991
上海 86-21-62511200
http://www.laserfocusworld.com.cn/lfc/index.html

您的技术信息平台

一系列产品－包括
国际专业技术杂志的中文版、网上
出版物、会议、培训和活动

欢迎免费索阅或参与活动
www.actintl.com.hk



雅时国际商讯 (ACT International) 成立于 1998 年，为高速增长的中国市场中广大高技术行业服务。ACT 国际通过它的一系列产品－包括杂志和网上出版物、会议和活动－为跨国公司及中国企业架设了拓展中国市场的桥梁。 ACT 国际的产品包括十种技术杂志和相关的网站，以及各种会议，服务于半导体制造、化合物半导体、光伏/太阳能、电子制造、污染控制、激光/光电子、光通信、LED 技术、射频/微波等领域的十多万专业读者。 ACT 国际亦是若干世界领先技术出版社及展会的销售代表。 ACT 国际总部在香港，在北京、上海和深圳设有联络处。

香港	深圳	上海	北京
852-28386298	86-755-25988571	86-21-62511200	86-10-67484833



ACT Media Group

九年技术沉淀
紫外打标首选


●一体化设计
●调Q技术独特
●光束质量卓越
●光电转换率高
●超窄脉宽,高峰值功率
LASER PHOTONICS CHINA
上海光博会
March 15th,2016 Booth:W5.5572
RFH LASER
瑞丰恒激光
电邮：sales@rfhlasertech.com
电话：0755-86028963,18928466502
传真：0755-86375012 网址：www.rfhlasertech.com
地址：深圳市南山区高新技术产业园中区M10栋

目 录

光子学前沿

回顾与展望
光谱仪和光谱学变得更快、更好、更便宜 8

封面故事

光纤激光器
多激光束材料加工 12

应用天地

激光打标
工业领域常用的激光金属打标方法 16

激光打标
满足法规要求，保护化妆品的品牌价值 18

复合材料加工
激光器在复合材料加工中的应用 20

CFRP 加工
高功率紫外纳秒激光器实现高速高质量 CFRP 加工 25

技术中心

光束分析
焦点处光束品质对激光切割的影响 27

可调谐激光器
宽带可调谐激光器融合量子点和硅光子学 30

访谈
2016，我们如何走过? 33

商业论坛
有效沟通是在光子学领域获得成功的基础 36

编者的话 4
行业动态 5
前沿简讯 6
产品撷英 38
广告索引 40

激 光 世 界
LaserFocusWorld China
2016 年 3/4 月 第二期

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

CONTENTS

PHOTONIC FRONTIERS

Looking Back/Looking Forward
Spectrometers and spectroscopy get faster, better, and cheaper 8

COVER STORY

Fiber Lasers
Multiple laser beam materials processing 12

APPLICATIONS

Laser Marking
Laser metal marking methods commonly used in industry areas 16

Laser Marking
Meeting regulatory requirements whilst helping to protect valuable cosmetic brands 18

Composite materials Processing
Applications of lasers in processing composite materials 20

CFRP machining
High power UV ns laser delivers speed and quality in CFRP machining 25

TECHNOLOGIES CENTER

Beam Analysis
Effects of beam quality at the focal point bring to the laser cutting 27

Tunable Lasers
Quantum dots and silicon photonics combine in broadband tunable laser 30

INTERVIEWS

How will we go through the 2016? 33

BUSINESS FORUM

Effective communication is fundamental to success in photonics 36

Editor's Notes 4
Industry Updates 5
Leading Edge Snapshots 6
Products Highlight 38
Ad Index 40

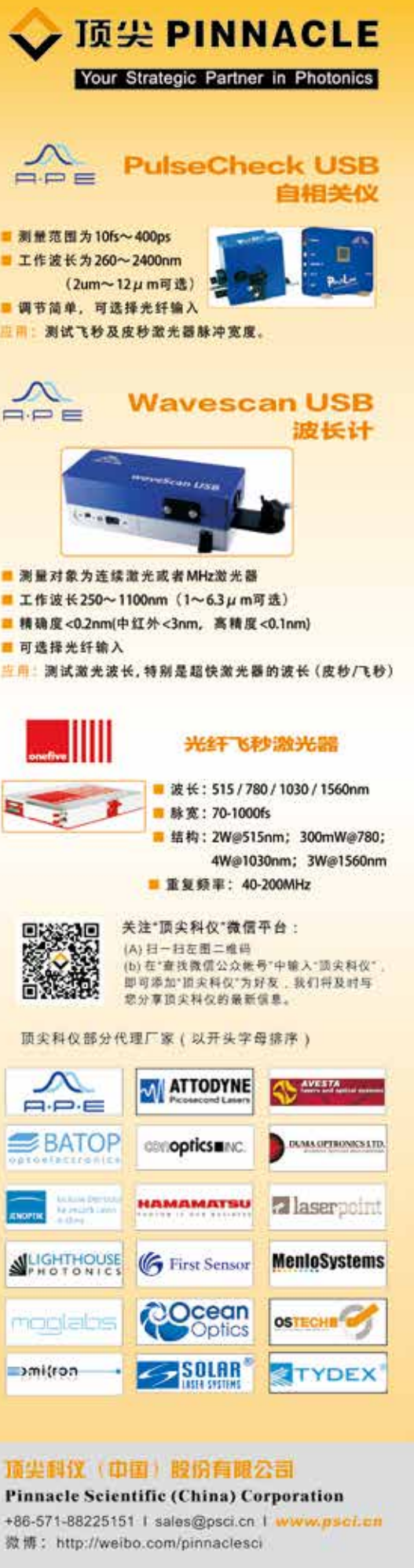
激 光 世 界
LaserFocusWorld China

Mar/ Apr 2016 Issue 2

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.



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
© 2016 版权所有 翻印必究

产业整合 走过低迷

全球持续低迷的经济大环境，让很多企业的日子都过得比较艰难。虽然激光行业从整体上看依然保持着温和增长的健康势头，但是具体到各家企业，也是几家欢喜几家愁。各家企业该如何度过这个较为漫长的经济寒冬呢？产业整合、企业间合作共赢，或许能帮助大家抵御寒冬，走过低迷。

近期内激光行业内出现的一起重大的并购重组事件，就是2月29日楚天激光集团、团结激光集团和楚商资本集团共同签订了合并重组战略协议，宣布将两大集团的激光业务合并为楚天团结激光控股公司。

这两家激光巨头的合并，意味着中国激光产业中的一艘航母即将诞生。两家企业合并后将各自发挥所长，优势互补，或者从某种程度上说从竞争走向合作共赢。双方的合并仅仅是个开端，后续还会有一系列的收购上市公司、收购省内激光企业、国外并购、规模扩张等计划，产品整合步伐会步步紧随。其实从整个行业发展的角度看，大家联起手，八仙过海，各显神通，共同尽心尽力从长远处着眼发展激光产业，远远比彼此之间为了眼前的短期利益相互竞争、甚至是恶性价格竞争，要好得多。

最近激光行业内另一条关于并购的重磅消息便是万机仪器（MKS）以近10亿美金收购了理波(Newport)及其旗下的光谱物理(Spectra-Physics)等公司。理波和光谱物理都是激光行业内的老牌公司，几年前理波收购了光谱物理，此外理波旗下还包括Ophir、New Focus、Oriel等激光行业内的知名品牌。相信这桩并购交易，双方应该也都是本着共生共赢的出发点来实施的。

正所谓天下大势，分久必合，合久必分。其实企业之间的并购或是分拆行为，都是发展的需要。不管是分还是合，都要根据所处的发展环境来定夺。在当前经济持续低迷的大环境下，企业通过合并能够获得共生共赢，同时还能够促进整个行业向着良性的方向发展，这也不失为一种好的选择。

又是一年三月春，慕尼黑上海激光展这个中国市场上最大的激光行业盛会，马上又要拉开大幕。想了解激光行业的发展动态？业内企业在新的一年里又推出了哪些新产品？市场需求热点在哪里？了解竞争对手？了解合作伙伴……关注这些的读者朋友们可以到展会上去逛一逛。❑

本刊编辑部

楚天团结两巨头合并,打造激光业航母

2 月 29 日，湖北省激光行业重组暨楚天激光、团结激光合并大会在武汉召开。两家企业经合并重组后更名为“楚天团结激光”。按照目标，五年年内楚天团结激光将形成 800 亿元产值规模、市值 1000 亿元规模、利税 200 亿元规模。

楚天团结激光将按照“以服务业带动制造业”的思路，整合优势资源，进军工业激光、医疗激光、文化激光、军事民用激光、激光加工站连锁、激光医疗美容院连锁等六大产业，将打造 100 家激光科技馆及旅游景点，500 家激光医疗美容连锁机构与 1000 家激光加工连锁站。此外，楚天团结激光还将利用资本力量，通过兼并收购形式，在国内 A 股市场实现上市，打造激光上市企业航母。

IPG 2015 Q4财季创下新高增长17%

2015 年是 IPG 公司再创佳绩。在 2015 年 Q4 会议上，公司 CEO ValentinGapontsev 博士表示，IPG 创下新高增长 17%，达到 9.013 亿美元。

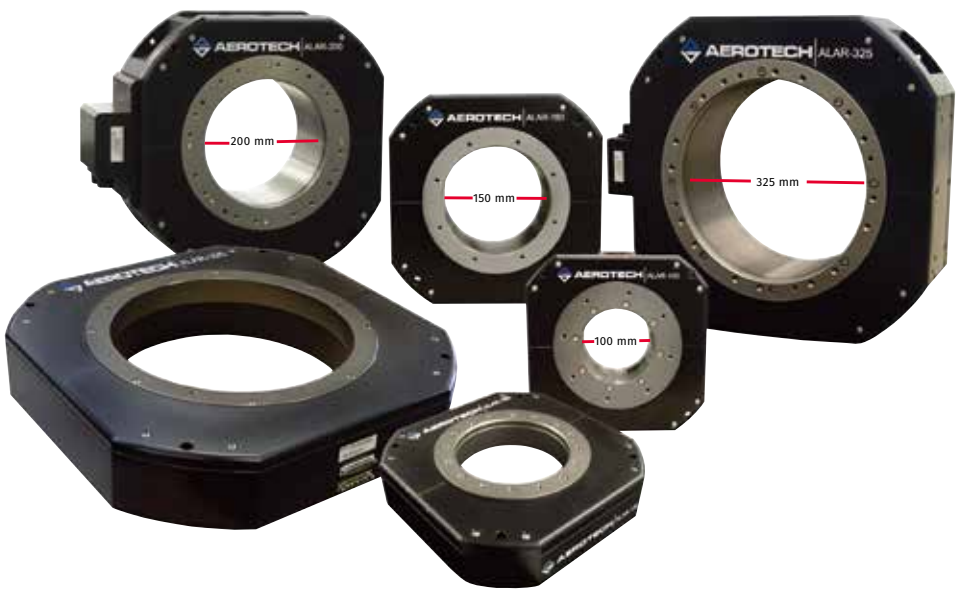
2015 年，IPG 的研发支出从上年的 1380 万美元增加到 1780 万美元。与去年同期相比，IPG 研发支出占销售额的百分比从 6.7% 上升到 7.9%。研发部门继续提升现有产品，开发新的制造工艺以及研究创新产品，以增强 IPG 的技术实力、帮助 IPG 光纤激光器渗入新的市场。

巨星科技参与设立激光公司

杭州巨星科技 3 月 1 日发布，公司拟与张瓯、郑洪波、周思远共同出资设立杭州欧镭激光技术有限公司（简称“欧镭激光”）。欧镭激光注册资本为 2000 万元，其中巨星科技出资 960 万元，占注册资本的 48%。

“欧镭激光”将基于 MEMS、激光等现有技术，研发生产销售激光投影显示模组、车用 3D 激光雷达、机器人用 2D3D 激光雷达、移动测绘设备等产品。此举表明巨星科技作为一家传统的手工具制造商，已经向智能装备领域进军，也显示出了装备、制造智能化这一趋势正在逐渐被市场接受。

大孔径直驱转台



Aerotech的ALAR系列直驱转台具有卓越的角度定位和速度控制性能，最大孔径325mm，最大负载600kg。大孔径、高负载能力和直驱电机使得ALAR系列能够为您的应用提供多种多样的、高速（最大300rpm）、无空回的超高精度解决方案。

获取更多的关于Aerotech ALAR系列的信息，请联系我们的应用工程师或访问我们的网站www.aerotech.com

- 5种不同的中空孔径（100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, 325 mm）
  SP型具有更高的刚性 LP型轮廓较低
- 高达600kg的轴向负载能力
- 无齿轮传动电机提供平滑运动和零空回
- 45-300rpm连续转动速度
- 最适合于负载须在旋转中心和AZ万向节应用；
- 10^{-6} Torr真空兼容性能
- 大直径安装孔和高分辨率是制造折轴和可伸缩望远镜的理想选择

Ph: +86 (21) 3319 7715 • Email: sales@aerotech.com • www.aerotech.com
WORLD HEADQUARTERS: USA
THE AMERICAS • EUROPE & MIDDLE EAST • ASIA-PACIFIC

AEROTECH® Dedicated to the Science of Motion

AH1215A-PPG-ZH-CN

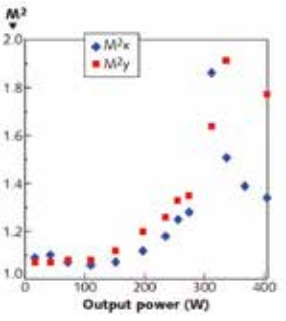
前沿简讯 Leading Edge Snapshots

绿光碟片激光器发射 400W 连续近基模光

文/John Wallace

市场对用于焊接铜的高功率绿光激光源的需求，正在驱使发射波长位于 515~532nm 的倍频碟片激光器和光纤激光器不断发展。同时实现这些激光器的高功率和单模运转非常困难。最近，德国斯图加特大学的科学家们创建了一种连续波（CW）薄碟片激光器，该激光器采用腔内二次谐波产生，获得了功率达 403W 的 515nm 输出，光束质量几乎接近衍射极限。该激光器采用一个内腔光栅波导镜用于波长稳定和光谱窄化，其相对于泵功率获得了 40.7%的倍频效率。

研究人员采用的是德国通快提供的直径 15mm、厚度 130μm 的 Yb:YAG 碟片，将其安装在一个金刚石热沉上，用 969nm 的二极管激光器进行泵浦。光通过放置在谐振腔内的一块体积为 15mm × 4mm × 4mm 的三硼酸锂（LBO）晶体倍频。光束质量 M^2 值为 1.35 时，功率不到 300W。

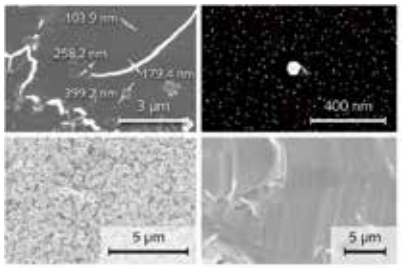


在功率 300W 时，M^2 值激增到大约 1.9。研究人员将其归因于功率依赖性，主要是因为热引发的临界相位匹配角的变化。在功率大于 300W 时重新调整晶体的位置以改善光束质量，但是 LBO 晶体并未大到足以允许“基频光最佳使用所需要的”全角度调谐范围。研究人员表示，采用较大的晶体应该能解决这个问题。❑

超快激光器创造新的碳元素存在形式

文/Gail Overton

将丰富、普通的碳转换成块体金刚石，通常是通过火山活动或高温高压下的实验室环境来实现的；而金刚石薄膜需要在有氢存在的中等温度下，进行化学气相沉积（CVD）工艺。最近，美国北卡罗莱纳州立大学的研究人员，通过使用 193nm 的氟化氩（ArF）准分子激光脉冲照射的方式，将无定形碳薄膜转换成了一种碳的新状态，称为 Q- 碳，照射的光子能量为 6eV，脉冲持续时间为 20ns。



在用 0.6J/cm² 的激光脉冲照射后，各种不同的金刚石形式可能取决于曝光时间和脉冲频率，包括纳米金刚石、微粒金钢石、纳米金刚石和微钻石的混合物，以及位于金属 / 半导体外延衬底上的大面积单晶金刚石薄膜。使用这种纳秒脉冲激光熔融的方法，研究人员还可以为生物医学应用创建纳米金刚石和微针金刚石。Q- 碳形式可以在室温环境下制造，不需要催化剂或气体，并且其还具有独特的化学属性，例如室温铁磁性和增强的硬度、场发射和导电性等。❑

TRUMPF

The Power of Choice

LASERS BY TRUMPF

通快碟片激光器 TruDisk 系列
助力中国制造2025

1 100% 恒定功率
从第一豪秒开始

2 更高的生产效率
可调整的分光功能

3 资源利用率高
最佳的设备可用性

4 更加稳定的加工结果
得益于智能软件选项

5 防止背反射的稳固设计
得益于专利的谐振腔设计

6 六个工作站
在激光网络中
提供可靠的
激光功率

7 最优的光束质量
得益于碟片式设计

8 模块化设计
可靠通用的操作



轨道交通装备

航空航天装备

数控机床及机器人

信息技术
WEB

生物医药及医疗器械

海洋工程装备及高技术船舶

新材料

农机装备

电力装备

节能与新能源汽车

通快(中国)有限公司
上海市淮海中路381号中环广场6楼
电话 +86 21 6171 9000 传真 +86 21 6171 9001
邮箱 info@cn.trumpf.com 网址 www.cn.trumpf.com

2016慕尼黑上海光博会
地点：上海新国际博览中心
时间：2016年3月15-17日
展位号：W5-5102

关注通快 官方微信

回顾与展望

光谱仪和光谱学变得更快、更好、更便宜

文/Jeff Hecht

半个世纪以前，光谱仪还是笨重的实验室工具；如今，得益于激光、光子学和计算学领域的进步，光谱仪已经发展成为更紧凑、功能更强大的仪器，在从探索冥王星到检查毒品踪迹等多种任务中大显身手。

“更快、更好、更便宜”是曾任NASA局长的Dan Goldin在20世纪90年代促进太空任务的口号，这一口号似乎更适合描述光谱仪器在过去半个世纪的发展。光谱测量的概念可以追溯到19世纪，但是光谱学大量用于学术领域始于20世纪。1941年，Arnold Beckman推出DU光谱仪的商业化产品，开创了一个商业化的里程碑——一种能够在几分钟内测量可见光谱和紫外光谱的产品，使得光谱学成为工业实验室的有用工具。

光谱学和光谱仪已经取得了长足的进展。

激光激发和染料激光器

早期的光学光谱仪依靠宽带光源，但微波波谱使用可以调谐的窄带光源。Arthur Schawlow对光学和微波波谱两种技术都有研究，在他研发激光器时，他看到了可调谐窄带光源的吸引力。但早期的激光器增益带较窄，即使是采用外部磁场或改变温度时也是如此，从而限制了调谐范围。

早期的Laser Focus杂志只涵盖激光技术，因此当时对光谱技术的关注有限。早在1965年4月刊中仅提及了前一个月在匹兹堡分析化学与应用光谱学会议上所描述的三件事情。其中一件是由Jarrell Ash建立的固态激光器微探针，用于激发线发射。另外两件是由Perkin-Elmer公司和Applied Physics Corporation公司制造的拉曼光谱仪，使用气体激光器来激发拉曼发射。

在1967年7月刊中报道，直到1967年才演示了第一台可调谐激光器。可调谐激光器的实现花了几个步骤，从1966年2月7日IBM华生研究中心的Peter Sorokin，通过大的红宝石激光器泵浦有机染料产生激光脉冲开始。随后，位于加州Culver City的休斯飞机公司的Mary Spaeth，通过改变染料盒和反射镜间隔来改变染料激光器的波长，调谐范围在761~789 nm之间。此后不久，德国马普研究所的Fritz Schaefer展示了发射波长随染料浓度的变化而改变。接着，Sorokin通过闪光灯泵浦染料激光器（见图1），从而能够使用更多波长。最后，在1967年中期，美国加州Korad公司的Bernard Soffer和Bill McFarland，利用可调衍射光栅取代一块腔镜，实现了在20 nm的范围内连续调谐罗丹明6（在酒精中）。

1970年，柯达公司的Ben Snavely、Otis Peterson和Sam Tuccio，通过1 W氩激光泵浦流动的染料溶液，产生了波长597 nm、功率30 mW的连续波（CW）染料激光。CW染料提供更为精确的光谱，并激发了对光化学兴趣的热潮。1974年8月刊援引了Richard Zare（当时就职于哥伦比亚大学）的话：“我们有基于激光器的、非常强大的分析工具，这将彻底颠覆分子的探测。”1974年6月召开的国际量子电子学会议（IQEC）报道了光化学中最热门的话题是同位素激光富集，特别是用于核能的铀同位素（1974年8月报道）。本刊关于IQEC

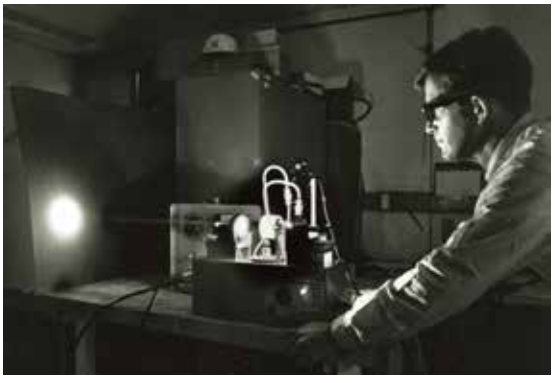


图1：Peter Sorokin于1968年展示了第一台闪光灯泵浦的染料激光器。

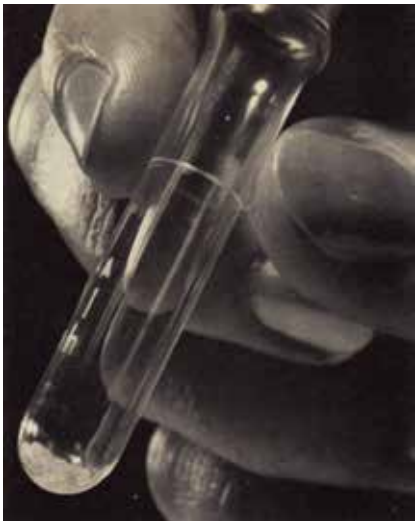


图2：1975年，利弗莫尔国家实验室采用染料激光器将毫克量级铀中的U-235含量富集至3%。

的报道中，还描述了一种获得高分辨率激光光谱的新方法，麻省理工学院林肯实验室的 Ken Nill 使用发射波长在 8.2~10.6 μm 之间、发射功率高达 10 mW 的低温冷却可调谐铅锡碲化物二极管激光器对其进行了演示。到了 1975 年中期，劳伦斯利弗莫尔国家实验室报道了富集宏观量的铀（见图 2）。

激光与非线性光谱仪

1974 年在美国加州圣地亚哥召开的 SPIE 年会上，激光光谱学在科学领域展现了巨大的可能性，但其经济性受到怀疑（1974 年 10 月报道）。“有了性能优良的小型廉价激光器，”Block Engineering 公司的 Stanley Klainer 说，“我们可以建立远程监控系统，这将非常具有竞争力。”但他认为红外光谱仪应得到更多的高度发展，而激光器显得昂贵且低效。“有什么是激光光谱仪能做、而红外光谱仪却不能做的？值得让人花费（额外的）5 万美元？”他的结论是，激光光谱学将仍然局限于特殊的问题，直到激光器能够更便宜且性能更好。

到上世纪 70 年代中期，非激光光谱仪已经打出广告用于光学测量仪器。美国加州的 Gamma Scientific 公司将分光辐射谱仪列入其测量仪器中（1974 年 7 月报道）。

仪器的发展

到 1990 年，随着计算机技术的进步，光谱仪器已经成为一个非常广泛和复杂的领域，本刊对其有了更大规模的报道。“光谱仪已经由电脑控制好几年了。在过去一年左右的时间内，光谱仪制造商已经开始推进数据分析电脑的标准化，”本刊写道（1990 年 2 月）。IBM 公司的 PC 机和兼容机已经取代了上一代曾用 Apple II 电脑的设备，软件变得更快、更灵活、更易于使用。

在 1990 年 2 月刊的综述中，Bruce Hudson 写道，“对于许多日常应用，激光没有其他辐射源有用”。激光光谱学在研究和诊断应用中已变得非常重要，但仍然很少被封装入光谱仪，除了作为拉曼光谱仪或者脉冲激发发射光谱的光源。Hudson 指出，激光器主要用做“光谱学的全新方法，而不是现有方法的不断改进。”

到 1995 年，光谱仪的尺寸和价格均有下降。1995 年 3 月，本刊报道了海洋光学公司推出的紧凑型光纤耦合光谱仪，提供多达十几种的衍射光栅作为定制。光栅围绕在具有 256 或 512 个单元的硫化铅探测器阵列周围，覆盖了 1~3 μm 的应用，包括电信、医药和过程监控。

LED 已经用于像血氧监测器这类特殊用途的仪器中，其发射范围也已经扩展至 2 μm，为新型紧凑型光谱仪敞开大门。1995 年 3 月刊（见图 3）描述了 LED 阵列如何使得没有移动部件的近红外傅立叶变换光谱仪成为可能。美国 D.O.M. Associates 公司的工程师报道：当以不同的频率调制单个 LED、并且聚焦到共同的探测器上时，标准傅里叶变换可以恢复各个 LED 元件的调制信号。



图3：LED阵列使得没有移动部件的近红外傅立叶变换光谱仪成为可能。

在 2000 年 5 月刊中，美国 JY Horiba 公司的研究团队报道，结合铟镓砷化物检测器阵列和成像摄谱仪，使得近红外光谱分析更快、更容易（见图 4）。典型的光谱仪使用 128-512 个单元的线阵，采用专用软件对应摄谱仪和阵列。冷却探测器阵列提升低光级应用的性能，包括光致发光测量和拉曼光谱。

在 2000 年 10 月刊中，美国伦斯勒理工学院的 Pengyu Han 和 Xi-Cheng Zhang 报道，飞秒激光脉冲可以产生太赫兹辐射的超短脉冲串，然后聚焦到样品上用于太赫兹光谱。因为许多生物和有机化合物具有不同的太赫兹特征，该频段很重要，对于从医疗成像到识别爆炸物等应用领域而言非常有用。有几个研究团队在开展研究系统，有望“在不久的将来”实现商品化设备。

令人难以置信的微型化光谱仪

“仅在过去十年左右的时间内，光谱仪器才脱离实验室的束缚。”海洋光学公司的 Rob Morris 在 2001 年 2 月刊中写道。他将光谱应用扩展“进入野外、工厂，甚至人体”归功于光纤光学元件的



图4：液氮冷却InGaAs阵列探测器安装在成像光谱仪上的近红外光谱系统上。

量产、光学元件的效率提高和成本降低，以及数字革命。商用光谱仪有 50 多种，他认为整个光谱仪和相关光学传感器的市场总额为数十亿美元。

光谱仪的体积和成本均在下降。他写道，20 世纪 90 年代初，海洋光学公司推出了“一款 CCD 阵列光谱仪，体积小到足以装入 PC 内，而且足够轻便，能够将传感器放到样品所在的位置。”到 2001 年，十几家公司提供微型光纤光谱仪，其中包括 Optical Coating Laboratory 提供的光纤光谱仪，其比一张信用卡还小。柔性和紧凑的设计，使得像蜥蜴皮肤颜色如何影响动物的社会化这种现场研究成为可能（见图 5）。

成像光谱仪能够记录每个像素的高分辨率光谱“已经有 20 多年，促进了环境监测、国防和安全，甚至是医疗成像的进步，”罗切斯特理工学院的 John Kerekes 在 2006 年 6 月刊中写道。他细数了已经着手制造用于机载成像、或用于现场及实验室使用的商用产品的十几家公司。他注意到环境监测和遥感应用领域缺乏“杀手级应用”，而工业或医疗应用可能具有最广宽阔的应用前景。

这些趋势受益于激光器和光学产品产量的上升和成本的下降。“今天的光谱仪是现代‘手持科学分析仪’，帮助仓库操作人员加快来料的识别和认证、用于在边境口岸检测假药、在机场或战场上识别可能的生物武器，以及协助急救人员和消防队员调查可疑物质或化学品泄露，”BaySpec 公司的 Eric Bergles 在 2010 年 8 月刊中写道。

2010 年 9 月，本刊介绍了美国 Block Engineering 公司生产的新颖的紧凑型光谱仪，该光谱仪基于工作在关键中红外波段的可调谐量子级联激光器。该款光谱仪设计用于在军事传感、化工和医药制造、生物医学测量和环境监测等领域取代傅立叶变换红外光谱仪。

必达泰克公司的 Robert Chimenti 在 2013 年 5 月刊中写道，小到可以拿在手上的微型光谱仪，正在取代许多应用中的台式光谱仪。许多微型光谱仪是高度定制的，用于急救人员进行迅速识别。必达泰克公司研发了一款麻醉剂探测拉曼光谱仪，包含近 1000 种麻醉剂、药品、稀释剂和前驱物。

资深编辑 John Wallace 在 2014 年 1 月刊中写道，成像光谱仪已变得惊人的多种多样，从生物样品的显微成像到卫星遥感。例如博物馆艺术品的无损分析，以及病态家禽和健康家禽的识别。



图5：便携式光谱仪使得蜥蜴研究人员能够在波多黎各的生态环境研究项目中，测量蜥蜴的皮肤颜色。

展望

正如笔者所写道的，新视野号航天器正在慢慢传输它飞掠冥王星的数据，这些数据由成像光谱仪收集。半个世纪以前，即使是用最好的望远镜，冥王星也只是天空中的一个小点，但新视野号航天器上的仪器将展现冥王星的世界，光谱学告诉我们，冥王星上的山是由冰构成的。

那些仪器是在太阳系以外的行星大气中寻找生命迹象的未来光谱仪器的先驱。天文学家已经证实了太阳系以外有近 1600 颗系外行星，而且行星科学家们正在设计新仪器去探索它们。

另一方面，光谱仪正在逐渐成为日常产品。在应急人员的仪器中，光谱将会被藏在里面，计算机驱动的界面为用户解释观测到的现象。当然，新仪器将不会像虚构的星际迷航中的手持科学分析仪那样万能。如果需要技术识别所有可能环境中的所有可能材料，我们距离这种技术还很遥远。

相反，新仪器或许能够在许多不同环境的特征光谱库之间进行切换。医疗光谱仪可以将数据记录与一个数据库比对进行血液测试，与第二个数据库比对进行皮肤测试，与第三个数据库比对进行眼内测试。这些数据库可以像智能手机上的应用程序一样使用。家用光谱仪可以使用一个应用程序来检查食品中的坚果过敏原，而使用另一个应用程序来检查食品表面的病原体痕迹。也可以开发其他应用程序，用于选择葡萄酒，或者找出冰箱里面塑封缠绕的神秘肉类。

这只是随着经济规模驱动成本降低后，一个对可能性进行采样的问题。我们无法看到我们可以想象的一切，但我们可以看到一些我们无法想象的。光谱学和光谱仪迷人的未来即将来临。❑

One Source
一处资源



Infinite Possibilities
无限可能

您值得信赖的高性能光纤

- 新资源发现开发
- 全球互通互联
- 海陆太空探索
- 精密质造
- 最重要的是，拯救生命！



与客户合作与众不同！

NUFERN®

866.466.0214 / www.nufern.com

请通过inspire@nufern.com联系我们或者访问www.nufern.com

光纤激光器

多激光束材料加工

文/Toby Strite，Andreas Gusenko，Michael Grupp，Tony Hoult；IPG Photonics

光纤激光器能产生不同的光斑尺寸、脉宽或者波长，可以应用到一些单一加工过程中，如用于钎焊、焊接和表面纹理化等。

制造商已经将激光材料加工视为一种成熟的生产率提升方式；制造商们正在不断寻求利用激光技术将自身业务拓展到新的领域。最近，这种探索已经形成了一种“在单一工件上部署多激光束”的趋势，每路激光束经过优化后用于执行整个加工过程的某一环节。这一趋势正被汽车制造行业快速采用，我们相信它将会很快扩张到其他领域。

本文着重介绍了多激光束加工的三个例子。首先，我们将介绍三焦钎焊如何利用协调好的光束连接汽车材料，并具有高强度和优异的外观。其次，我们会讨论高强度钢两步焊接过程的益处，其中激光清洗使激光焊接具备优异的强度和完整性。我们的最后一个例子突出了金属的激光表面纹理化，是如何实现高强度密封聚合物与金属的粘合。这些例子突出展示了采用不同直径、脉宽甚至波长的多激光束配合时，产生以前无法得到的结果的可能性。

三焦钎焊

汽车工业依赖激光器的独特能力，以提供具有最小材料用量的高接合强度，同时提高安全性和燃油经济性。在激光焊接已经在汽车内根深蒂固的同时，沿车顶轮廓线和车侧面的可见接缝处，更倾向于采用能实现更漂亮外观的加工工艺。与焊接（welding）不同，钎焊（brazing）是一种不熔化焊接母体表面的焊接技术。更确切地说，对于汽车应用而言，激光能量熔化金属焊丝，以形成两片钢或铝表面之间的紧密连接。汽车制造商渴望只需要在喷漆前轻刷的钎焊工艺，以实现真正的无缝接合。

对于电镀锌低碳钢钎焊的研究，涉及焊接质量、外表美观性与边缘粗糙度。尤其是存在于较薄的锌（Zn）防垢层上的氧化物和污染物，是造成飞溅和边缘粗糙的主要原因。该认识激励了新型三光束钎焊系统的研发，在该系统中，两路先导光束沿钢材边缘行进，烧蚀污染物并预加热锌表面层，以促进润湿。强大的后续光束提供能量熔化 Cu/Si 焊丝，无缝连接新清洁过的钢表面（见图 1）。

三焦钎焊系统依赖于光纤技术的灵活性（见图 2）。光纤激光被耦合到三种不同芯径的光纤中，通过单根光缆传输。在靠近工件处，传输光学元件创建所需的三种光束轮廓，允许较窄的先导光束对焊接表面进行预清洁，以便后续光束完成无飞溅的钎焊缝。

为了直接评估三焦钎焊的优点，我们使用了近红外（NIR）光纤激光器焊接一系列 0.8mm 厚的热浸镀钢样材，采用 1.6mm $CuSi_3$ 合金焊丝，3.5kW 红外钎焊光束，加工速率为每分钟 4.5m。在熔化铜硅（CuSi）焊丝之前，使用 350W 先导光束对焊接表面进行预清洁，能够很容易地观察

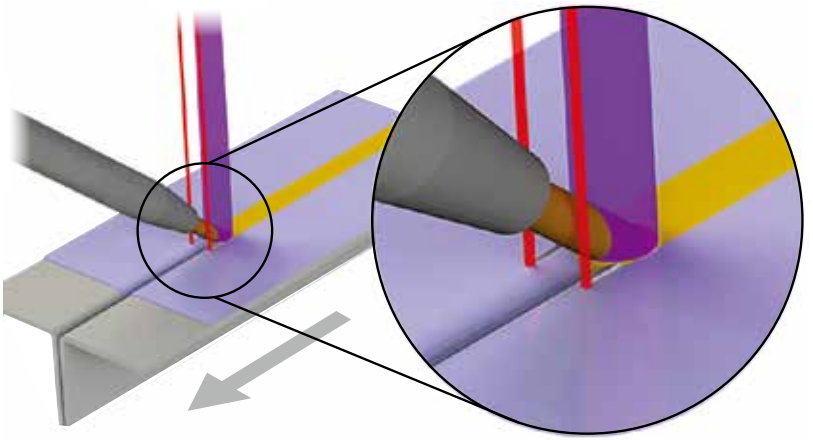


图1：纳秒脉冲光纤激光器可以很容易地切割电池箔，通常仅需单程操作。

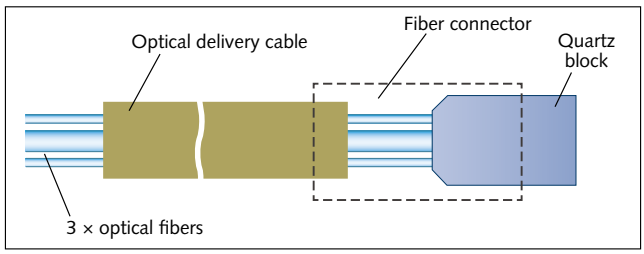


图2：三纤芯三焦钎焊光学元件使不同芯径的光纤，通过单根光缆传输，并在钎焊区提供不同尺寸的空间偏移光斑。

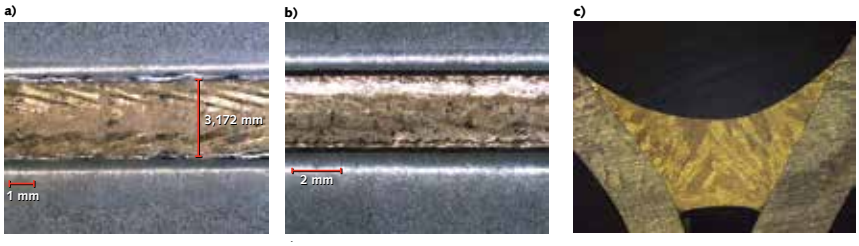


图3：采用CuSi焊丝焊接钢材时，单点（a）和三焦（b）钎焊焊缝的比较。很显然，三焦钎焊样品具有更好的光洁度和边缘粗糙度。横截面图（c）突出显示了三焦钎焊获得的焊接均匀性和焊接质量。

到更好的边缘均匀性和更好的表面光洁度（见图 3）。

三焦钎焊在单个加工过程中结合清洗和焊接，大大减少了以往喷漆前所需要的处理工作。钎焊可以高速沿直线和曲线边界完全自动化进行，并具有优异的接合强度和可重复性。汽车制造商正在越来越多地采用三焦钎焊作为表面钢连接的首选解决方案，以优化生产率和汽车外观。

高强度钢的两步激光焊接

汽车制造商不断追求能使汽车更安全、更节能的材料和焊接方法。硼元素增强高强度钢（HSS）已经站到了汽车创新的最前沿，其提供的强度水平如此之高，以至于在北美，救生钳汽车救援工具都不得不重新指定。假定焊接技术能跟上脚步，那么更高的强度意味着有机会使用更少的材料来降低车身重量。激光焊接是汽车制造商焊接 HSS 的首选。早期努力受到在热冲压成形工艺中避免缩放加入的铝硅（AlSi）保护层的妨碍。当激光焊接镀 AlSi 的 HSS 时，可能会产生脆弱的铁铝（FeAl）金属间层。





图4：新颖的正方形光纤传输的高脉冲能量光纤激光器技术，可有效地烧蚀AlSi层，以暴露出本来的HSS表面，用于提高焊接质量。

当焊接区域任一侧上的防缩放层通过激光烧蚀时，可以获得优异的HSS焊接质量，实现在一致且清洁的钢表面间无FeAl金属间层的焊接。图4展示了由激光烧蚀加工的清洁钢表面，AlSi层被1kW、70ns近红外脉冲光纤激光去除。烧蚀激光提供高达100mJ的脉冲能量（1mm^{2}光斑内7~10J/cm^{2}的能量密度），通过新颖的正方形加工光纤传输，对30μm的AlSi层执行精确和经济的10m/min烧蚀。随后，使用数千瓦的连续波（CW）NIR光纤激光器进行高速焊接，完成连接工艺，可将牢固但轻量的特制焊接板提供给汽车行业。

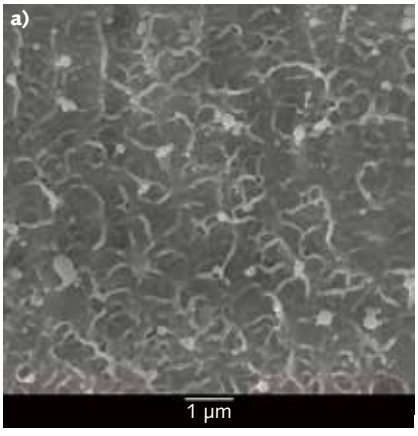




图5：（a）使用亚纳秒NIR光纤激光获得的精细结节状铜表面结构（1万倍放大倍数）。（b）纹理化铜表面呈现完美的黑色，使其成为后续激光加工的理想吸收体。

与采用两路不同直径的连续激光束的三焦钎焊相比，HSS的两步焊接是通过首先施加高能量脉冲纳秒烧蚀激光，然后施加高功率CW焊接激光而得到优化的。最后一个例子也采用了脉冲/CW激光两步法，但其延伸到了亚纳秒脉冲区域，并采用了两种不同的激光波长。

聚合物与金属的连接

焊接需要母体表面熔化，从而使材料融合成坚固的连接。焊接被广泛用于金属与金属之间的连接，或者聚合物与聚合物之间的连接。但是，由于熔融温度的不同，使得聚合物与金属之间很难用简单的焊接（welding）方法连接在一起。聚合物与金属之间的有效连接，仍然是包括消费电子和医疗设备等众多行业广泛寻求的技术。最近开发出的这种两步法工艺，主要依赖于新的光纤激光技术，其提供了一种颇具发展前途的解决方案。

第一步依赖30W的近红外光纤激光，当脉宽为150ps时，峰值功率可达400kW，能够实现新颖的金属表面纹理（见图5a）。微观研究表明，高能量密度的激光熔化纳米级表面层，很快凝聚成细的结节状结构，该结构较大的表面积对后续的粘接非常理想。

这些纹理化表面的引人注目之处是：可以做成完美的黑色，即使在像铜这样的高反射金属材料上（见图5b）。有经验的焊工都知道，均匀的深色表面提供最宽的工艺窗口，因为反射率的变化会影响阈值能量。

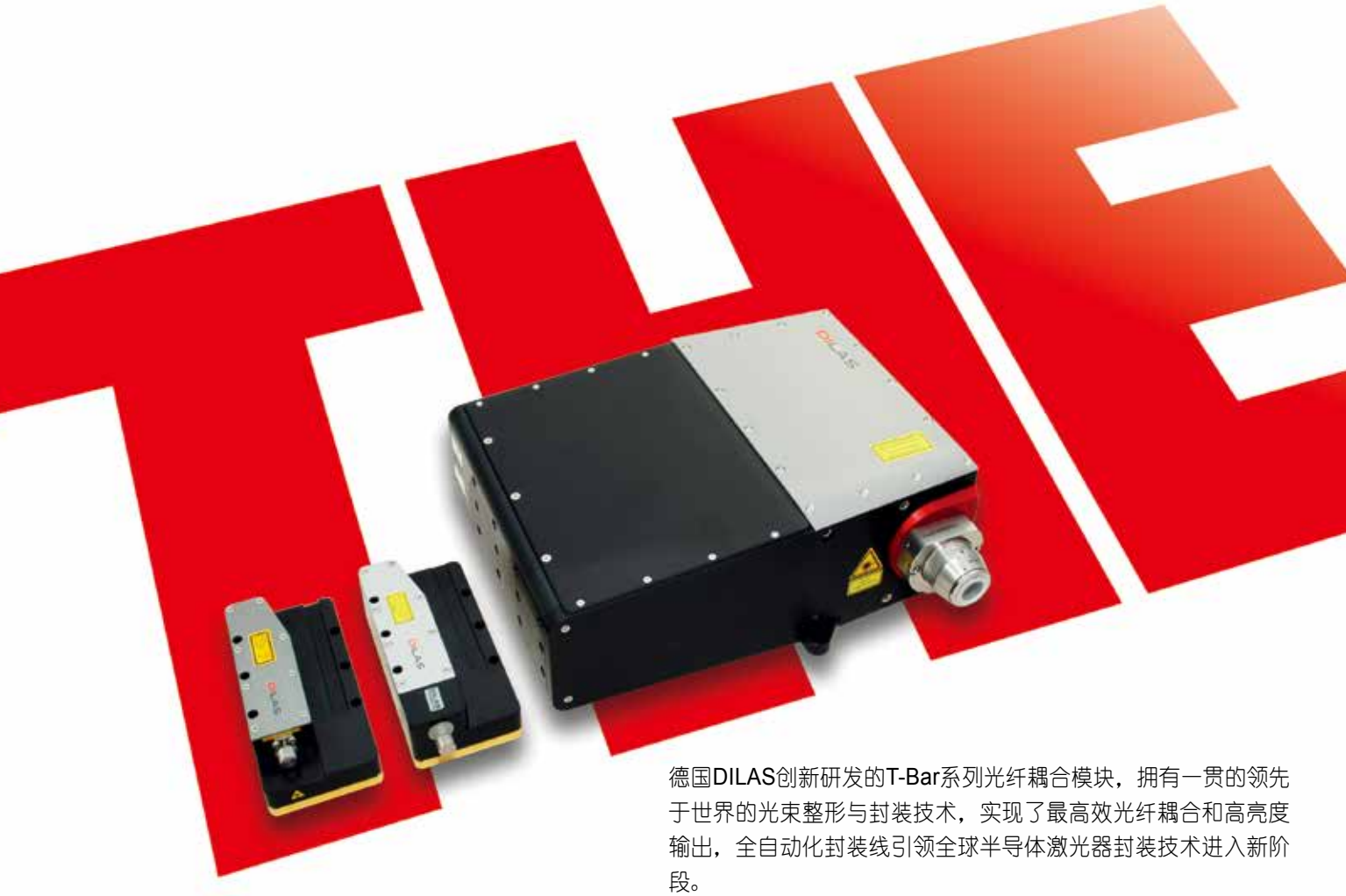
聚合物与金属的连接依赖于掺铥CW光纤激光器的1.9μm激光波长。对于常见的透明聚合物，其对中红外波长比NIR光纤激光或激光二极管光源具有更强烈的吸收效果。传统的1μm激光穿过聚合物，只加热母体金属表面。而这将热传导到聚合物中，最终将其熔化入金属中以形成弱连接。

我们发现，通过第一步纹理化并暗化金属表面，然后采用1.9μm光纤激光器施加热能，聚合物与金属的连接强度显著改善。更长波长将热量直接传输到聚合物以及聚合物与金属的界面。聚合物直接加热，加上深色结节状金属表面，提供了理想的连接条件。我们已经形成了聚合物与钛之间的密封连接，该连接非常强大，以至于受到剪切力时才在聚合物中失效。

相比之下，省略了表面纹理化步骤时，剪切拉升测试在聚合物与金属的界面失效，证明连接较弱。透明聚合物与金属之间坚固的密封连接，开辟了新的设计和制造自由度，该方法已经在医疗设备、消费电子产品等诸多领域激发了浓厚兴趣。❑

千瓦级光纤激光器泵浦源

T-Bar光纤耦合模块全面超越多单管光纤耦合模块



德国DILAS创新研发的T-Bar系列光纤耦合模块，拥有一贯的领先于世界的光束整形与封装技术，实现了最高效光纤耦合和高亮度输出，全自动化封装线引领全球半导体激光器封装技术进入新阶段。

突破传统单管的限制，DILAS的T-Bar系列将为您带来更具竞争力的高效集成。更便捷的冷却方法，保证了模块在恶劣环境中的突出表现。稳定的波长，紧凑的设计以及卓越的光学设计，让T-Bar系列成为千瓦级光纤激光器泵浦源首选解决方案。200W模块产品尺寸仅为130 x 65 x 39 mm^3，重量仅905g。此外，T-Bar系列的性价比也超越传统单管光纤耦合模块。

一直以来DILAS坚持不懈地致力于为客户提供更稳定、更可靠、更优异的光学输出效果，可根据客户要求定制激光解决方案。DILAS绝对是您值得信赖的全球合作伙伴。

更多DILAS技术问题敬请联系：
电话：86-21-68552216-296
邮箱：sales@dilas-china.com.cn

DILAS
The diode laser company.
DILAS.COM

激光打标

工业领域常用的激光金属打标方法



文/通快（中国）有限公司激光技术部

高质量、无磨损、生产效率高、成本低，这些都是使用激光标刻金属的原因。在日常生活中，我们会发现很多关于激光打标的应用和加工工艺。

激光打标单元采用纳秒级脉冲激光器以产生各种波长的光，波长从红外光到绿光乃至紫外光。最适合标刻金属的激光打标单元是由二极管泵浦的以 YAG 或 YVO_4 作为活性激光介质的固体激光器。光纤激光器也同样非常适合标刻金属。

对于不同的应用以及不同的金属，不同的激光所表现出的打标优势也各不相同。除了激光器类型、脉冲持续时间、脉冲峰值功率和平均功率这些影响打标效果的诸多因素外，激光的光束质量也是影响打标效果的一个关键因素。

多种多样的激光打标机

通快提供多种多样的激光打标机，有不同功率、不同脉宽以及不同波长的产品供用户选择。

通常，较高的激光平均功率能够实现较高的打标速率；然而，在激光打标过程中，除了功率这一重要参数外，光束质量也同样至关重要。高质量的光束可将激光聚焦到一个非常小的点上，从而能在被加工的工件表面实现大功率密度。

金属的激光打标

激光是一种非常理想的金属标刻工具。标刻钢质材料时，通常使用波长为 1064nm 的红外光；但是对于表面反射率较高的金属，如铝、铜和黄金，它们则只能吸收一小部分红外光。

因为金属更容易吸收短波长的光，因此选择波长较短的光束（如绿光），将会实现更好的打标效果。

小面积热效应

由于短波长的激光能够更好地聚焦，所以在表面面积小的情况下，打标精度更高。脉冲激光光束以一系列的单点脉冲作用在工件上，这些点或相邻或重叠。脉冲能够发出精准的某一特定能量，使能量和热量进入材料。

使用短波长激光标刻金属，通常工件上只有很小一部分面积会受到热效应和机械效应的影响。一般来讲，工业领域广泛应用的金属打标方式主要有三种：激光雕刻、激光消融和激光退火。

激光雕刻：黑雕刻和白雕刻

在雕刻过程中，激光光束冲击金属表面，熔化和汽化材料，从而使得元件表面会产生凹槽。通常激光雕刻分为“黑雕刻”与“白雕刻”。黑雕刻功率高，白雕刻速度快。

黑雕刻会使雕刻表面氧化，颜色变深。白色雕刻仅让表面变得粗糙，从而产生不同的视觉效果。光照在雕刻的物体上时，会被散射，从而显得比没有雕刻的表面更加明亮。

例如，二维码的雕刻就是结合了黑雕刻和白雕刻两种方法。这样雕刻出来的二维码对比度高，可读性好。激光雕刻非常适合于两种情况：一是部件容易腐蚀，二是打标后，样品需要作后续涂层或喷漆工艺。雕刻得越深，需要的时间也更长，因为要经过几次标刻才能达到理想的雕刻深度。

激光消融：为激光焊接做准备

激光打标中更近一步的工艺就是对工件表面的消融。将激光反复地作用于材料上，来达到不同的消



图1：激光雕刻非常适合于两种情况：一是部件容易腐蚀，二是打标后，样品需要作后续涂层或喷漆工艺。



图2：激光消融工件表面的粘结层，为后续的焊接做准备。



图3：通过激光退火在内窥镜器械上刻字。

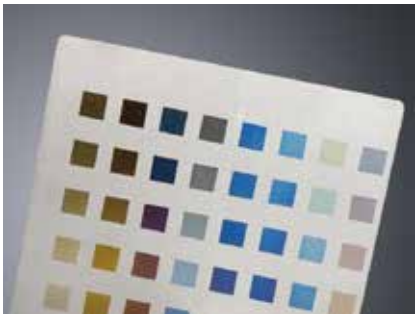


图4：借助Navigator参数优化的软件工具打标钛。

融深度。消融层去除后，基层就会显现出来。对于阳极氧化铝、涂漆金属、镀膜这类材料，通常就是这样处理的。

此外，激光打标机还可以用来完成生产过程中的其他环节。例如，如果某个部件表面附着了油渍、污渍或粘合了氧化的材料，此时也可以使用激光光束进行表面清理。这样，当部件获得了干净一致的表面后，后续的焊接过程就能正确实施了。

现在市场上越来越需要这样的应用。因为这种方法不仅能使焊接更好地完成，而且还能为客户免去更多额外的清洁成本，并且环境污染小。

激光退火

金属的一个特性是：它们在加热或冷却时会变色，激光退火就是利用这种现象。激光能够将热量引导到工件表面的某个特定区域。

形成的氧化层决定了什么样的颜色能被看到。工件表面的不同温度，决定了退火的不同颜色。这个过程不会破坏工件，工件表面将仍旧完整，因此非常适用于手术器械和植入物的打标。

医疗领域的严格要求

医疗技术领域对于产品的要求非常严格，它们希望制作出的产品表面能够保持光滑、干净，并且还要满足生物相容性和耐腐蚀性。退火的优势在这里能够极大地体现出来，退火非常适合标刻钛和不锈钢这类金属。

激光打标成功的一个必要前提是精准的能量输入。通快激光打标机能够提供精准的功率，其甚至在退火打标中，能够得到一系列非常相近的颜色。除了在医疗技术领域中的应用外，人们也开始用退火的方法为金属表面添加设计元素来彰显产品的个性化特色。

软件支持参数设置

通快还能使用软件工具设置参数。系统的进一步优化调整使用户能够实现更多的功能。有了 Navigator 软件，客户就能根据菜单提示来选择需要的应用：退火、雕刻或消融。

在反馈的基础上，Navigator 软件能够对参数进行初步选择，包括脉冲峰值功率、脉冲重复频率和推进速度。只有设置的参数准确才能达到理想的加工效果。然后用激光在样品上标刻出一个矩阵，在矩阵里的小方块就会使用不同的参数集进行工作。

如果达到了所需的效果，比如质量或颜色，那么就可以很容易地选择从矩阵和参数就可用于加工。如果参数需要进一步调整，然后软件工具提供了深入钻研某一参数区选择。这样，即使材料在一直变化，用户也能够简单地达到良好的加工效果。

全面支持

除了拥有先进的技术和创新的设计，通快还设置了延伸的用户支持服务。无论是在购买前还是购买后，通快都能够提供全面的应用支持。

例如，如果客户已经确定了某种需求，如材料打标区域的大小、质量、打标深度、打标过程的脉冲时间，然后客户可以将这些数据和材料发到应用中心，通快将在实验室根据客户的需求进行测试，为客户寻找出理想的激光器和匹配的光学系统。

远程诊断是通快向用户提供的另一项重要服务。远程诊断能够让售后服务技术人员在远距离的情况下连接访问激光器。该技术能够检测和诊断故障，一些技术上的问题能够直接被解决，不需要给技术人员打电话。

这为客户提高了激光器的利用率，经济效益也更好。通快不仅仅提供远程诊断，还为客户提供了售后服务网络，一旦需要就会派技术人员为客户提供现场服务。❑

激光打标

满足法规要求 保护化妆品的品牌价值

文/ Richard Nemesi；Videojet Technologies

大多数市场都制定了化妆品打码法规要求。在美国，继《药品生产质量管理规范》（GMP）之后，美国食品和药物管理局（FDA）也制定了批号打码要求。在欧洲，自 2013 年 7 月起生效的欧盟 1223/2009 法规，要求必须在化妆品上打印保质期和批号编码。各大化妆品公司为了满足该法规的要求，开始越来越多地选择采用激光标识技术，以颇具挑战性的生产线速度来标识亮丽、高清晰度且持久的编码。然而在化妆品生产领域，激光打标的作用不仅限于满足法规要求。激光打标可提供众多优势以维护和提升品牌价值，其中包括防止假冒、提高标识质量以及可读性。

假冒产品

化妆品行业面临日益严重的假冒问题。根据 欧盟内部市场协调局（OHIM）于去年 3 月发布的报告，假冒化妆品的年销售额达 50 亿欧元，几乎占到行业销售额的 8%。供应链转移——通过非法渠道销售正品，如通过未经授权的网络商店销售名牌化妆品——带来了另一个威胁。假冒产品和供应链转移，会损害一个品牌辛苦赢得的口碑和消费者的信任度、以及消费者的潜在购买意向。

激光打标通过标识隐蔽型和外显型编码（包括 Datamatrix 编码）来防止假冒。由于激光束可以物理地改变材质，在不损害产品表面的情况下无法去除标识的编码，使之难以成为潜在造假者和其他未授权方的假冒目标。借助于激光打标配以先进的软件，化妆品生产商能够更好地跟踪和审核其产品的流通情况，从而保证产品真实并经由正常渠道销售。

可追溯性

在发生产品召回的情况下，批号编码非常重要，因为品牌所有者可以据此迅速地将存在潜在危险的产品从零售商的货架上撤下来。在这种情况下，迅速行动对于最大限度地减少负面影响和保护品牌形象至关重要。

消费者安全

消费者可通过批次编码和保质期检查产品是否过期。在打码可能受到环境影响而消退的情况下，激光打标提供了一种更好的解决方案，它的耐久性能是一项特别重要的优势。例如，墨水喷码标识在温暖的浴室等潮湿环境中会模糊，也可能被擦掉。

品牌形象

消费者出于实际原因（不管是用于缓解疼痛还是保健）购买药品，而购买化妆品更多是为了满足情感上的渴望。消费者购买的是品牌形象，在购买点，该形象体现在包装美感上。



包装的每个细节均有助于树立这种形象，生产商需要确保编码不会影响包装的外观。激光打标机标识的接近铅字印刷质量的编码，能够很好地维护品牌形象。

行业动态

此外，激光打码机可以帮助化妆品生产商跟上行业发展趋势，包括更多的二维编码应用、包装上越来越多的变量数据需求、缩短生产周期以及促进包装创新等。

复杂编码

打码不再仅仅是打印批次和日期。随着对可追溯性的高度关注，法规要求在包装上打印其他复杂编码，如序列号和 Datamatrix 编码。激光打标机可以精确标识二维条码和其他编码。

针对短生产线定制

生产过程中，激光打标机能够在包装上打印单色图案、徽标和文字，这为定制和本地化包装提供了机会。

生产商可以灵活地添加季节性信息或促销信息，如在线添加“新形象”信息。这样就无需重新设计和订购只在有限时间内使用的新包装。

同样地，生产商可以对各种颜色、气味或变体的产品使用标准包装，在线标识特定批次的变量信息，以减少库存包装 SKU 的数量。例如，化妆品生产商可以使用激光打标机添加可变的颜色编号和名称、批次 / 批号编码和 UPC 条码，同时复制所有批次标准的预印成分和品牌名称文本。这样不仅可减少与采购和管理复杂包装库存相关的成本，同时还可以增加正常运行时间。

包装创新

化妆品行业更愿意进行包装的创新，品牌所有者投入巨资寻求开发引人注目的独特包装。

伟迪捷提供三种不同类型的激光源——CO_2 激光器、光纤激光器和紫外激光器，适用于广泛的包装类型以及最新的包装创新。各种激光源的波长各不相同。这些不同的波长决定了它们各自的适用领域。 下转第32页



复合材料加工

激光器在复合材料中的应用

文/IPG Photonics

复合材料在航空领域的大量使用，推动了相关应用的发展。使用复合材料能降低重量，这一点对航空业而言特别重要。然而，复合材料的各个构成部分属性往往不相同，即使是在极小的区域内，物理属性也很可能会显著变化。碳纤维增强塑料（CFRP）就是一个典型的例子。碳纤维能吸收所有波长，且具有极高的热导率，而环氧基体的吸收性及导热性都要差得多，所以这两部分的物理属性差异极大。尽管资料表明，切割和钻孔工艺确实取得了一些进展，但是在加工这种“特殊材料”时，怎样才能确保满足工业应用的需要呢？这个问题到现在还没有明确的答案。环氧树脂为热固性聚合物，不能使用传统的激光焊接工艺，而且，如今的航空业和交通业都希望能尽可能缩短生产周期，这些都驱动着复合材料向着热塑性方向发展。可以预见的是，伴随着激光烧结工艺的进一步完善，热塑性复合材料将大有可为。本文将对相关研究进行回顾，并分享热塑性复合材料激光焊接工艺的研究成果。

高分子聚合物能降低构件重量，这一点在整个交通业中已达成共识，比如 A380 空客，其中 25% 都是复合材料，A350 上这一比例更是高达 50%！汽车业也一样，生产商纷纷用复合材料来提高产量、降低成本，缩短生产周期。

复合材料种类多样，但至少要有一种强化材料和一种基体材料。基体材料用于包覆、支撑并固定强化材料的相对位置。复合材料的力学属性及物理属性会随着组成方式的变化而变化，设计者可根据某种结构或元件的特定需要，选择相匹配的属性。只是，这种特性同时也成为激光应用的难点：(1) 非同质；(2) 各向异性。

众所周知，激光器能够对光束进行有效的时间和空间控制，所以当操作对象为同质表面时，优势显而易见，这主要由于光束及目标之间的交互反应在各个方向上均能保持稳定性及重复性。当然，有些工程材料不完全符合这种条件，其金属或聚合物中可能存在一些细微差异，比如孔隙率或晶界等，不过这种差异对于大功率的光纤激光器而言，几乎可以忽略。但是，复合材料的情况就完全不一样了，不仅不同质，而且在三个维度上的属性均可能表现出极大的差异，光束投射的位置及方向都会影响结果，尤其是长纤维强化复合材料。在多种纤维强化复合材料中，最棘手同时也是应用最广泛的就是碳纤维强化和玻璃纤维强化复合材料，它们与基材的熔点相差极大，对光的吸收属性也完全不同，甚至于碳纤维和玻璃纤维自身的吸收属性也不完全一样。这种“不同质”使得本来极具灵活优势的激光工艺在面对复合材料时显得有些“力不从心”。尽管困难重重，人们并未停止寻求解决方案。

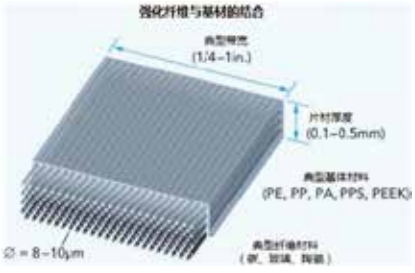


图1：用于ATP的预浸带。

纤维与光纤激光器

从几何学的角度定义，纤维其实是一种具有极高长度和芯径比的圆柱体。

这一定义赋予了纤维最重要的属性，即极高的表面积体积比。轴向强度大，可结合基材的表面积大，这种特性使人们倾向于使用纤维对材料进行强化。有趣的是，光纤激光器也是利用这种表面积体积比特别高的几何特性。光纤激光器的原理是在光纤内部生成光束，所以表面积越大，谐振腔的冷却要求就越低。当光纤芯径较小时，可生成高亮度和高平均功率的近红外激光，近红外激光之所以能够成为复合材料加工的重要光源，这也是原因之一。

热固性复合材料

目前，工业上用得比较多的主要是较厚的高强度轻量化复合材料。这种复合材料大多数都会用到长纤

维，因为这样能够最大限度地改善材料属性，有助于整个结构的承重。对于制造业而言，传统的方法是将纤维束编织成布（不破坏纤维束），纤维类型及编织方法均有多种选择，然后将纤维布放平，使其与基材结合。比较新的工艺是使用预浸带（纤维预浸于树脂中）及自动铺带机（ATP），这样不仅能够更为自由地量身定制高性能材料，同时也能大幅提升速度（见图 1）。

航空业用得最多的是碳纤维 + 热固性环氧树脂基材，E 级（电子级、成本低、韧性好）、S 级（抗拉强度大）长玻璃纤维应用也比较广泛。这就使得本来已经非常复杂的应用工艺变得更加雪上加霜，比如玻璃纤维，虽然其本身不会强烈吸收近红外光源，但是纤维表面的涂层就不一定了。

FR4（阻燃型）玻璃纤维增强环氧树脂，顾名思义，是指强化材料为玻璃纤维，基体材料为环氧树脂的复合材料，主要用于电子行业、非结构性元件，通常用波长较短（355nm）的二极管泵浦固态（DPSS）激光器，或者是波长更长一些的 CO_2 气体激光器进行加工。至于金属基复合材料（MMCs）及陶瓷基复合材料（CMCs），目前也在用激光器进行加工，但优势不明显。

CFRP切割及钻孔的工艺难点

环氧树脂具有不可逆的热固属性，所以只能考虑用烧蚀切割及钻孔工艺。然而，在操作时人们又发现了一个问题，那就是复合材料的两种构成部分自身的物理属性差异极大。碳纤维在环境压力下不会熔化，蒸发温度极高（>3500℃）；而聚合物的损伤阈值通常在 560℃左右。此外，碳纤维还有一些其他属性，比如能吸收各种波长，热导性也很强。由于碳纤维会高效吸收热能，并使其沿纤维方向高速传导，所以极易破坏熔点较低的基材。玻璃纤维情况类似，烧蚀所需的功率密度与碳纤维相当，且高于基体所能承受的温度限值（见图 2）。

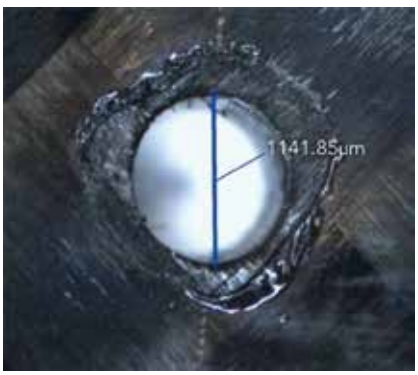


图2：用激光器在CFRP上钻孔时的典型损伤形态。

另外，在穿孔和切割过程中，人们还发现，用传统工艺生产 CFRP 片材时，基体和纤维加载的厚度会有些许差异，使光束被引导至其他位置，特别是在进行熔穿切割或是钻孔时，总会出现问题。目前，大部分二维复合材料采用的都是压平的方法，这也意味着在到达具有高吸收率的碳纤维之前，激光需要熔穿的树脂厚度不固定。此外，纤维束的形状是椭圆的，所以每次切割纤维的数量也不甚相同。还有一个问题：尽管 CFRP 的瑕疵识别已经取得了许多进展，但是对边缘质量的精确量化仍未建立统一的标准，而这一点恰恰是在热加工过程中不可避免的。

CFRP切割及钻孔的应用进展

自上世纪 80 年代中期起，人们便开始就激光工艺应用于二维 CFRP 复合材料进行了大量研究。在激光器的选择上，不仅有红外固态激光器，

pco.
on the cutting edge
pco.edge family
now with advanced sCMOS image sensor
up to 82% quantum efficiency
up to 40 000 : 1 dynamic range
CAMERA Link HS available
www.pco.de
www.pco-tech.com

还有远红外 CO_2 气体激光器；在复合材料的选择上有多种强化纤维类型，包括碳纤维、芳纶（对位芳酰胺纤维）、E 级玻璃纤维、S 级玻璃纤维，基体材料基本都是环氧树脂。

随着皮秒及毫秒激光器的问世，研究人员发现了一些有趣的现象。后来，人们又用纳秒级激光器以 532nm、355nm、266nm 波长在 CFRP 等高分子复合材料上进行实验。激光切割最常用的方法是使用检流扫描仪及多通道高速传导，不添加辅助气体。小孔径冲击钻方法相同；但如果是大孔径，则需要用到同心圆和 / 或螺旋切割工艺。由于适合商业应用的短波长、短脉宽的激光器平均功率有限，所以当厚度超过 1 mm 时，尽管切割质量还不错，但是速度太慢。当用模型确定最小的热损伤时，结果显示，清除碳纤维需要极高的热焓。以 6m/min 的速度切割厚度为 2mm 的 CERP 时，功率计算值达到几千瓦。切割速度与材料厚度往往与平均功率直接相关。在实际的商业应用中，成本 / 千瓦功率也是一个重要的考量因素。

最近，一组光纤激光器加工空客 A350XW 结构部件的相关数据使人眼前一亮。厚度 2.2mm，用激光器切割、钻孔，使用多通道、高速扫描工艺，可惜的是，最后出于收益考虑，激光器未被采用。尽管困难重重，前行的脚步却从未停止。研究发现，用 CO_2 作为辅助气体，结合检流计、远程切割工艺，可有效降低热能，配合不同的扫描方式，结果颇具实用性，尤其是像钻孔这种可以平行加工的应用。

CFPR的其他激光应用

去漆：多年来，人们一直在进行关于激光去漆方面的研究，目前有若干种商业系统可用于金属去漆，所用激光器为 CO_2 激光器和连续型 / 脉冲型光纤激光器。大量使用复合材料的航空业仍停留在化学去漆阶段，毫无疑问，化学方法对环境有害，所以激光去漆工艺对航空业而言特别重要。有两种方法看起来都不错，一种是用连续型光纤激光器，另一种是用高平均功率、Q 开关光纤激光器。不过目前获取到的相关信息非常少，唯一知道的就是现在正在使用的自动转子叶片去漆系统（BRBSS），这种系统用于直升机螺旋桨复合材料的脱漆。

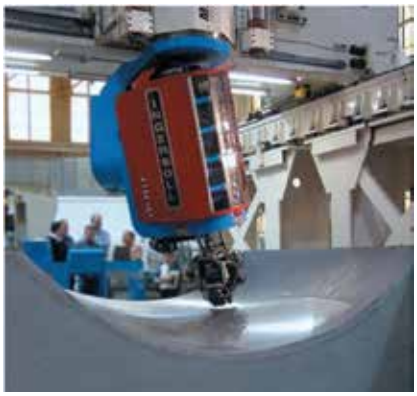


图3：ATP机头。



图4：ATP运转中。

BRBSS 采用的是脉冲型红外激光器，附带一个色彩识别系统。通过 BRBSS，用户可以选择脱漆至露出锌铬黄底漆而不影响基材，如果用户通过闭环反馈系统进行全程控制，还能选择连同底漆一起去除，完全不会破坏下面的复合材料。创新性、高平均功率、Q- 开关光纤激光器的应用，可显著降低每千瓦功率的成本。多机器并用，有助于提高清除率。和其他领域一样，该应用的定位也是具有成本优势，经过多年的发展完善，其商业价值已日益凸显。

提高粘合强度：人们还在进行两项与激光器及复合材料相关的工艺研究。其一是在传统的粘合工艺之前，用波长为 355nm 的紫外线（UV）激光器或是波长为 308nm 的准分子激光器对复合材料表面进行清洁及强化。传统的表面处理有单一机械性打磨或是等离子处理等，与之相比，用紫外线激光器处理，复合材料表面的粘合力有所改善，但是仅仅凭借这一点，还不能得出后者必定优于前者的结论。虽然粘合强度数据本身不能充分说明问题，但是显著且持续的改善比例（>20%）却足以证明，紫外激光器在复合材料表面处理方面确有其优势。

局部修复：另一个研究重点是用脉冲激光器进行局部修复。目前被公认为最具应用前景的方案是在受损区域进行激光烧蚀，再注入少量粘合剂，进行局部修复。其商业价值仍有待考证。

热塑性复合材料的发展

所幸的是，以上种种“束手无策”都伴随着热塑性复合材料的应用出现了转机。热塑性塑料可热加工，可多次熔化凝固，同时保持属性不变。与热固性复合材料在凝固过程中发生的永久不可逆的化学交联反应完全不同，热塑性塑料曝露于高温环境时发生的是降解反应，而非熔化。得益于这种特性，热塑性塑料具有抗断裂性、

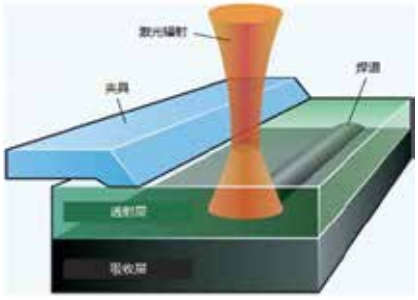


图5：传统的激光传导焊接示意图。

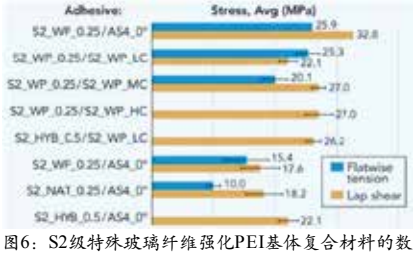


图6：S2级特殊玻璃纤维强化PEI基体复合材料的数据结果。

可循环性、可修复性、耐化学性等多种属性，最重要的是，可缩短加工时间，降低生产成本。

应用最为广泛的热塑性复合材料有聚醚酰亚胺（PEI）、聚醚醚酮（PEEK）以及聚苯硫醚（PPS），碳纤维强化或玻璃纤维强化范围相同。举一个实际应用的例子：在 2009 年末成功完成首航的新型 Gulfstream G650 喷气式飞机，其方向舵及尾舵均由热塑性塑料制成，高温接合，不用钻孔及柳钉接合，这样不仅节约成本，还降低了重量。复合材料用的是 PPS 基材，预浸纤维强化。预浸纤维表示纤维预先浸入树脂基体，然后经过热熔粘合工艺，形成最终形状。用这种材料支撑的部件坚硬、抗压、牢固，形状稳定，耐高温，且重量比轻合金还轻。

人们就热塑性复合材料的激光器切割及钻孔工艺进行了大量研究，尽管基材和纤维之间的物理属性差异仍然存在，但是基材的热塑属性燃起了人们发展激光工艺、提升工艺质量的希望。其实，真正的进展在于这种新型材料的热塑性，正是这种热塑性，才使得激光固结及热熔工艺的应用成为可能。

热塑性复合材料的激光固结

在生产热塑性复合材料时，预浸纤维的固结就是利用近红外光纤激光器完成的。和其他行业一样，激光器也可以更换光源。在整个自动铺带系统中，激光器是极为关键的部件（见图 3、4）。这些机器可以高速生产复杂的 3D 部件，对激光光束时间及空间的精确控制，有助于强化闭环温度监控，提高熔融及固结工艺水平。随



FISBA
激光二极管和电信/数据通信应用的定制光学元件

慢轴准直透镜(SACs) 非球面设计能够实现单管的出色准直性能

快轴准直透镜(FACs) 提供针对覆盖420到1550纳米特定波长和各种有效焦距的优化设计

用于光纤准直的高精度柱镜具有极高的中心度和直径公差

FISBA Innovators in Photonics
Rorschacher Str. 268
St.Gallen 瑞士
电话 +41 71 282 31 31
传真 +41 71 282 31 30
info@fisba.com
www.fisba.com

着激光加热系统（LHSs）的发展，AFP 加热系统可进一步升级热气炬（HGT）。很显然，这也是未来的发展趋势。在这个领域千瓦级光纤激光器随处可见。

此外，人们还寄望于通过激光加热器改良热固性复合材料 AFP。现有的 AFP 大多数使用红外加热系统，以便在编织之前提高预浸料表面的粘着性，但是广谱光总是会干扰红外高温计，影响实时温度控制的精确度。

热塑性复合材料的激光焊接

在建筑行业中，人们常常需要将比较薄的玻璃纤维布板与比较厚的碳纤维或玻璃纤维补强板接合起来，比如飞机内饰、控制台表面、直升机旋翼的后缘等。一般情况下，补强板的作用是使承重翻倍（提高局部承重），或是提高强度（减少承压时面板的挠曲 / 压曲）。在热固性复合材料中，通常使用粘合的方法将较薄的面板与较厚的底板接合起来，而对于热塑性复合材料而言，面板既可以粘合（与热固性复合材料一样），也可以焊接。在生产大型结构部件时，粘合工艺的重复度很难满足要求，因此人们已经将目光投向更加自动化、重复度更高的激光接合工艺。

为此人们进行了一系列实验，用于评估可行性，并确定各种热塑性复合材料接合的机械属性。试验的目标是用所需的纤维及基体生产出可用于航空业的既牢固、又美观的复合材料，并将纤维 / 基体的属性与激光焊接工艺的参数相关联。最后一组试验为两种 PEI 基材的复合材料之间的激光焊接：面板厚度 0.25mm，白色涂层（WP），S2 级玻璃纤维强化；补强板有两种，一种厚度 1.0mm，白色涂层，S2 级玻璃纤维强化；另一种为全碳纤维强化 U 形加筋板。

鉴于碳纤维具有卓越的光吸收属性，所以人们习惯于将碳纤维设为底板，但是长纤维强化材料中有多层碳纤维，且织法多样，这些都会影响激光的传导与吸收，使情况变得复杂。一般来说，未经着色的或是天然的玻璃纤维对红外光的穿透性强于经过染色的基体材料，更利于激光焊接工艺的应用，所以，为了增加终端产品的美观性，往往会再增加一道增白处理。也正是因为这个原因，人们正在着力寻求能够焊接染色纤维与基体材料的新型工艺。

其实激光焊接在本质上都要依赖激光的传输（见图 5），其区别在于面板对光的吸收度更高，尤其是二氧化钛白色面板，接头上方会出现熔透现象，只是区域极小，肉眼几乎观察不到，染了白色后就更加难以识别了。

试验的研究重点是在白色加强板材料中加入三种不同水平的碳色素，用于提高接头强度。试验所用的激光器为 1.07 μ m 波长，连续型，光束直径 4.2mm，多重准直，平均功率 170W。用笛卡尔 XY 坐标系记录光束与目标物之间的相对运动。用厚度为 0.25 英寸的硅棚板夹持需要接合的部分。尽管焊接接头的拉伸剪切强度通常不及粘合接头，但是只要焊道足够宽，就能满足强度要求。可以通过调节光纤激光器的功率密度，改变焊道的宽度。

初步研究结论如下：

1) 功率密度 >870W/cm^2 时，如果存在任何污染，会看到局部快速碳化，未经染色的面板变化更加明显。这说明在实际生产中不能超过该功率密度，因为在生产环境中很难做到绝对清洁。

2) 当白色染色面板与含有不同水平碳元素的补强板（LC、MC 及 HC，结果如图 6 所示）焊接时，其接头强度高于天然复合材料与黑色 AS4 增强基材的焊接接头。

3) 面板和底板同时用二氧化钛（TiO_2）着色，可形成良好的接头强度。

4) 底板的碳色素含量相对较低，并负载二氧化钛时，接头强度将显著高于天然复合材料与黑色补强板的接头。究其原因，应是二氧化钛着色剂的光线离散效应有助于提高焊道区域的融合度。

目前还在进行的另一项研究是“激光辅助直接焊接金属及塑料”工艺（LAMP 焊接工艺）。尽管该工艺目前尚处初级阶段，强度及持久性均有待提高，但是人们确已实现了用红外激光器焊接金属与工程热塑塑料，比如聚酰胺（PA）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚碳酸酯（PC）。

结论

尽管研究取得了一些进展，但是复合材料的不同质性仍然是激光应用的主要挑战。在加工加厚（厚度 >3mm）复合材料结构构件时，短波激光器及超短波激光器的经济优势及商业应用价值仍有待进一步考证。光纤激光器的发展有助于拓展适合于复合材料的激光工艺。热塑性复合材料的崛起，将催生出新型激光固结工艺，并推动着相关技术的研发与应用。❑

CFRP加工

高功率紫外纳秒激光器实现高速高质量 CFRP 加工

文/Rajesh Patel，James Bovatsek，Masayuki Fujita；Spectra-Physics

碳纤维增强聚合物（CFRP），是一种在聚合物基体中分布着碳纤维的复合材料。CFRP 零件的性能接近于钢，而其重量却与塑料类似。因此，相较于其他钢质零件或塑料零件，碳纤维零件具有高得多的“强度 - 重量比”（也称刚度 - 重量比）。CFRP 是一种质量较轻的耐久性材料，具有良好的耐腐蚀和抗振性能，甚至它比大多数金属材料都强大。在具有相同强度的条件下，经过优化设计的 CFRP 零件，其重量比钢质零件轻 70%，比铝质零件轻 30%。因此，在取代许多金属零件方面，CFRP 是一种非常不错的选择。

来自交通运输行业“提高燃油效率、减少碳排放”的强大驱动，正在促使各种飞机和汽车零部件在制造中采用 CFRP 材料。此外，随着材料成本的不断下降，市场对 CFRP 材料的需求和使用将会进一步增加。与此同时，CFRP 在诸多非运输行业的应用也颇具吸引力，例如用于制造风力发电设备、运动器材、石油勘探设备以及消费类电子产品中的组件。

加工CFRP的挑战

CFRP 的固有属性使它成为了一种非常独特而有用的材料，但这种固有属性也使 CFRP 难以实现高品质加工。在产品中使用 CFRP 的制造商们，同时也在寻求降低制造成本。传统的机械和磨料水射流切割技术成本高昂，因为这种加工技术具有较高的刀具磨损和运行成本。此外，在加工过程中，通常会出现纤维断裂和材料分层，这也会降低成品率。用激光作为加工工具，具有非接触性和在制造环境中易于实现自动化的优势。

激光加工消除了刀具磨损，并降低了运营成本。激光加工也消除了与机械工艺相关的质量逐渐退化的问题。此外，加工过程中的纤维破坏和材料分层问题，也可以减少或消除。然而，对于用激光加工 CFRP 却存在着一个关键的挑战：即在实现高吞吐量加工的同时，还要保证在材料中产生最小的热影响区（HAZ）。激光加工 CFRP 的挑战，主要是由于碳纤维（CF）和聚合物基体的热属性不同所引起的[1-2]。当激光加工参数针对聚合物（其具有较低的分解温度）而优化时，这时的激光束是难以烧蚀碳纤维的；相反，如果激光强度高到足以烧蚀碳纤维，则会在聚合物基质中产生严重的热损坏。

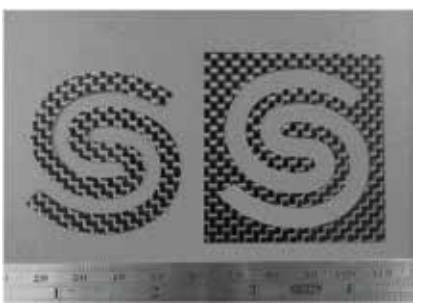


图1：在厚度约为1mm的CFRP板材上切割出的Spectra-Physics公司LOGO。

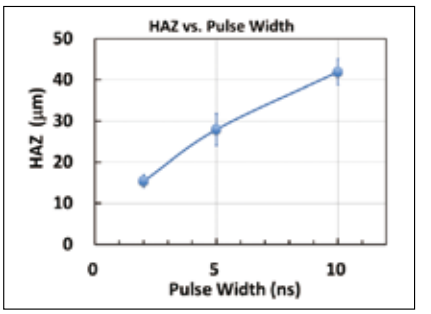


图2：脉冲持续时间对热影响区的影响。

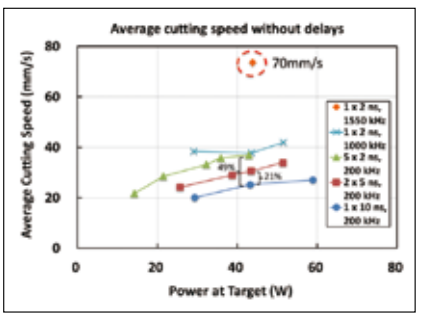


图3：功率、脉冲重复频率和脉宽（包括脉冲簇）对切割速度的影响。

虽然功率达几千瓦级别的高功率连续波红外波长激光器，能以更高的速度加工 CFRP，但其产生的较大的大热影响区却让人无法接受[3-5]。另一方面，超短脉冲激光器可以提供较小的热影响区，但是其加工速度却较慢[6-8]。因此，目前面临的挑战是找到一种激光源、并开发出一

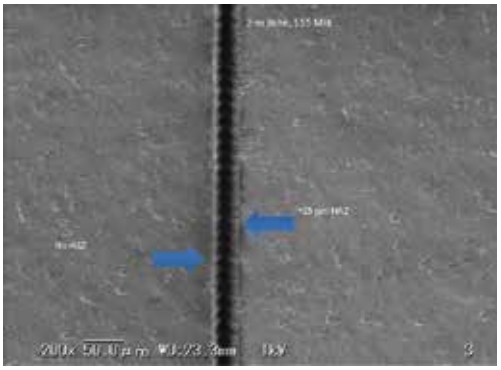


图4：CFRP样品的扫描电子显微（SEM）图像，显示出了出色的激光加工质量。

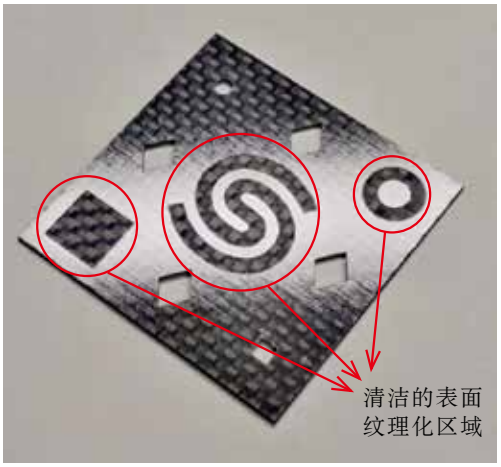


图5：图中显示了CFRP板材上清洁的表面纹理和切割机钻孔特性，并未出现任何可见的纤维损伤，加工工具为Quasar紫外激光器。

种能在加工速度和加工质量之间实现良好平衡的加工过程。

脉冲纳秒激光器

到目前为止，脉冲纳秒激光器已经显示出了适度的加工速度和合理的加工质量，激光波长往往对加工结果具有显著影响。特别地，对紫外波长（UV）的更强吸收，能够实现更好的加工品质。Spectra-Physics 公司的高功率紫外 Quasar® 激光器，输出功率 > 60W 的紫外光，采用专利的 TimeShift ™脉冲整形技术，是目前唯一一款适合 CFRP 材料的消融、切割、钻孔而又不损伤纤维、同时提供高速和高质量加工的理想激光源。

为了演示 Quasar 紫外激光器的加工能力，我们加工了厚度为的 250 μm 的 PAN 基 CFRP 板材。我们改变脉冲宽度、功率、脉冲重复频率和扫描速度，以优化切割速度和切割质量。我们还测试了 Quasar 的 TimeShift 技术所提供的脉冲簇功能，并给出了各种不同条件下的切割速度和热影响区（HAZ）。

结果显示，Quasar 能够在加工速度和加工质量之间获得良好的平衡。利用 2ns 的脉冲获得了大约 15 μm 的最小热影响区。这是在若干加工条件下获得的平均值，在某些情况下，实际的热影响区甚至为零。实践证明，Quasar 的脉冲簇也有优势，对于相同的平均功率脉冲簇能够实现高出 20%　50% 的切割速度。通过额外的加工过程开发和优化，我们证实了了 Quasar 激光器能切割厚度为 250 μm 的 CFRP 板材，切割速度为 70mm/sec，热影响区小于 15 μm。需求注意的是，70mm/sec 的平均速度，是在两次扫描之间没有任何冷却延迟的多次扫描情况下获得的。

适用于切割过程的最佳工艺参数，也可用于钻孔过程。除了切割和钻孔，CFRP 零件的接合也是一个非常重要的加工过程。传统的铆接和其他类型的紧固技术，均需要在材料上钻孔，这将会损坏零件的强度，因为在机械钻孔的过程中会带来纤维损伤。虽然采用激光钻孔有助于将上述问题最小化，但是若采用一种精心开发的粘合和连接工艺，工程师则能无拘无束地设计零件，同时还可以享受 CFRP 材料提供的所有潜在益处。因此，粘合是一种可取方案，其通常也是粘合 CFRP 零件常用的一种工艺。在粘合之前，需要清理模制工序残留在零件表面的各种残余物和碎屑。在不破坏纤维的前提下，对零件进行一次彻底的清洁和表面纹理化，对于获得更高的粘合强度至关重要。

在 CFRP 零件上涂敷（painting）也是一大挑战，因为 CFRP 具有较低的表面润湿性和较差的表面粘合力，这两种性能均可通过激光加工加以改进。在涂敷前，对 CFRP 表面进行一次彻底的激光清洗和纹理化非常必要，这样能提高 CFRP 的表面润湿性。研究表明，相比那些使用红外激光进行纹理化的零件，使用紫外光纹理化的零件具有更高的搭接剪切强度 [9]。使用平均功率 > 60W 的 Quasar 紫外激光器，我们已经展示了速度为 80mm^2/min 的区域清洁和表面纹理化速度，并未发现对纤维有任何可见的损坏。

总之，尽管用激光加工 CFRP 材料具有挑战性，但是我们已经展示了脉冲紫外纳秒激光器加工 CFRP 材料的前景。利用功率 > 60W 的紫外 Quasar 激光器的高功率和可编程的脉冲宽度 / 形状，能够在加工 CFRP 材料中实现高加工质量和高加工速度，具体加工种类包括切割、钻孔、表面纹理化和清洁。我们还利用这款高功率紫外激光器展示了在较高的加工速度下，对碳纤维没有损伤的非常小的热影响区。此外，我们正在积极开展更多的工作开发其他加工过程，用于加工更厚的材料，并进一步研究激光在 CFRP 材料上的加工效果。❑

参考文献详见网络版。

光束分析

焦点处光束品质对激光切割的影响

文/东隆科技有限公司



当前大功率激光切割的应用领域越来越广泛，由于其在材料加工上的显著优势，大有替代传统机床的趋势。不过相较于传统机床，激光切割机在切口质量上也并非完美，如切口宽度存在倾斜角、上宽下窄、切缝侧壁粗糙度不一、上小下大等问题。这些现象的产生和加工激光焦点处的光束品质有着密不可分的关系。事实上，很多时候激光焦点处的光束品质对加工质量起着决定性作用。下面将探讨焦点的光束品质对加工切口质量的影响。

激光切口质量的评估指标

对于激光切口质量的评估有以下几项指标：切口宽度、切割面倾斜角、切割面的粗糙度及粘渣等。图 1 为这几项指标的示意图。

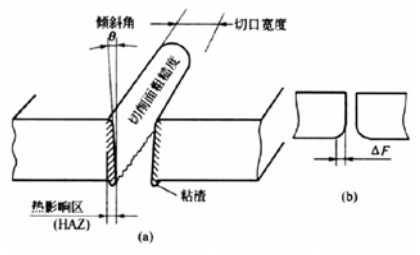


图1：激光切口指标示意图。

（1）切口宽度

激光切割金属材料时的切口宽度，与光束模式及聚焦后的光斑直径有直接的关系。以低碳钢为例，切割薄板时，焦点位置一般设置在工件上表面，切口宽度和光斑直径大致相等；切割中厚板时，焦点位置如果仍然设置在工件上表面，随着切割深度的增加，离焦量也逐步增大，光斑越来越大，功率密度降低，切割速度下降，会形成上宽下窄的楔形切口。

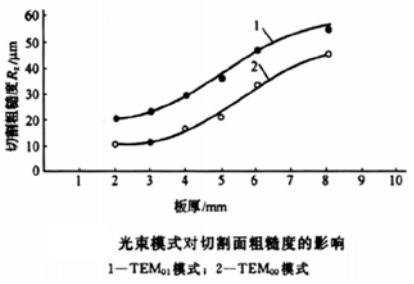
（2）切割面的倾斜角

切割面的倾斜角主要和作用在工件上的激光功率密度相关，所以控制每个面的功率密度的微小变化，是减小倾斜角的必要条件。

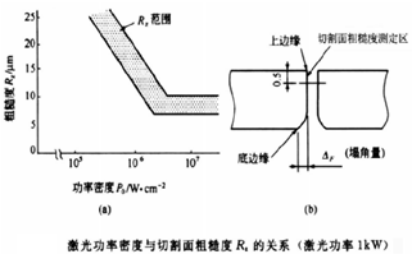
（3）切割面的粗糙度

影响切割面粗糙度的因素较多，除了光束模式和切割参数外，还有激光功率密度、工件材质和厚度。图 2 分别是光束模式和激光功率对应的切割面粗糙度关系。

以上三点中涉及激光焦点光束品质的有光束模式和激光功率密度，德国 Primes 公司生产的 FocusMonitor 光束品质分析系统，能够快速准确地测量束腰各个面的光束模式、激光功率密度和焦点位置。



(a)



(b)

图2：光束模式（a）和激光功率（b）与切割面粗糙度的关系。

FocusMonitor光束品质分析系统

由于焦点处功率密度非常高，目前的测量手段主要是采用分光或滤光片衰减等方式，能够直接测量焦点光斑的参数的光束品质分析仪非常少。这里采用德国 Primes 公司生产的 FocusMonitor 光束品质分析系统来测量和分析焦点光束品质。FocusMonitor 系统可以直接测量整个束腰的诸多参数，比如焦点位置、焦点大小、功率密度、发散角、光斑模式、瑞利长度、M^2 等（见图 3）。

光束模式是整个光路系统聚焦能力的集中体现，最低阶模 TEM_{00} 是理

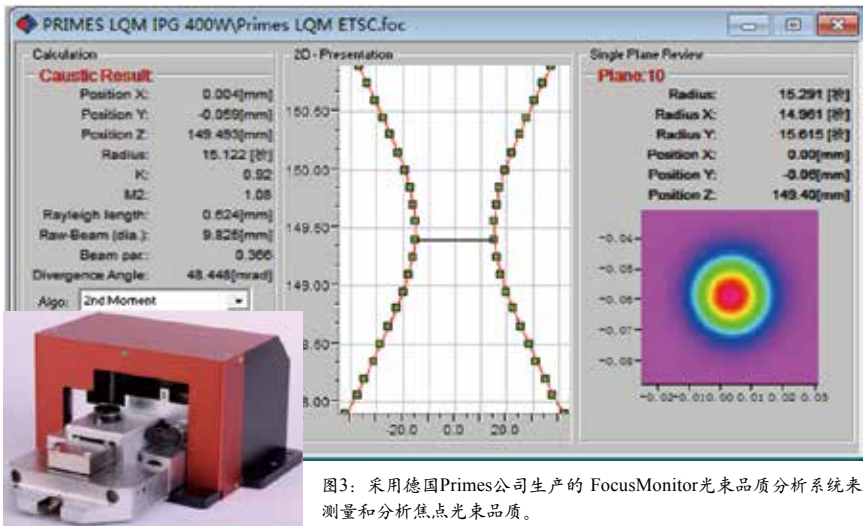


图3：采用德国Primes公司生产的 FocusMonitor光束品质分析系统来测量和分析焦点光束品质。

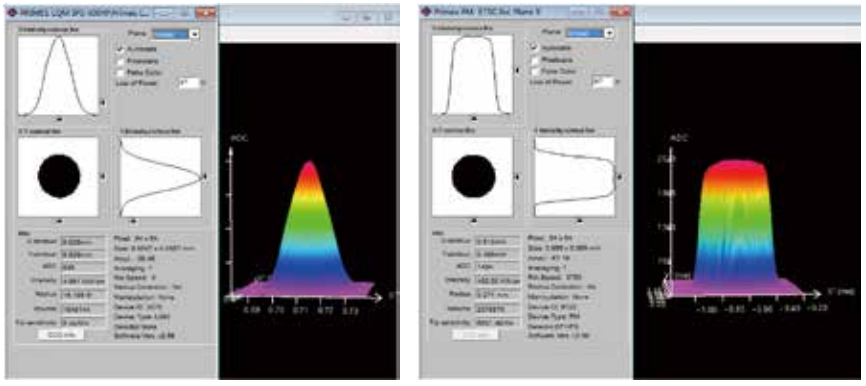


图4：（左图）低阶模TEM00的光束模式适用于切割应用；（右图）多模的光束模式适用于焊接应用。

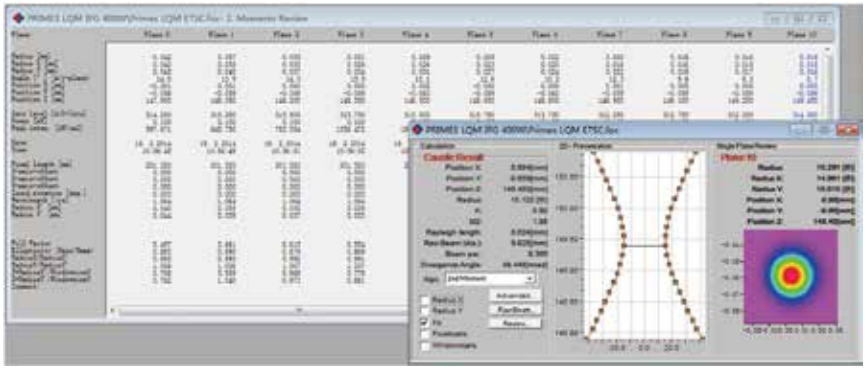


图5：FocusMonitor可以一次扫描并显示众多参数，使用方便。

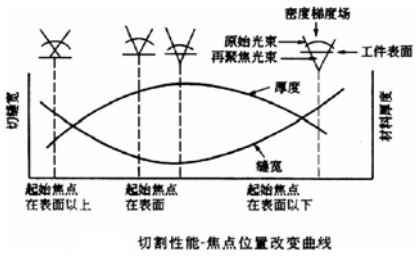


图6：焦点位置的变化对切割质量的影响。

右图为多模，应用于焊接效果较好。

激光切割的切口宽度同光束模式和聚焦后光斑直径有很大的关系。由于激光功率密度和能量密度都与激光光斑直径有关，为了获得较大的功率密度和能量密度，在激光切割加工中，光斑尺寸要求尽可能小。而光斑直径的大小，主要取决于激光器输出的光束直径及其发散角的大小，同时与聚焦透镜的焦距有关。与激光功率密度相关的参数有光斑直径、发散角、瑞利长度（焦深）、光束模式和激光功率输出稳定性等，FocusMonitor 可以一次扫描，全部显示出这些参数，使用方便，如图 5 所示。

获得束腰不同位置的功率密度，可以找到切割头最佳的工作范围，对于选择正确的离焦量有很大帮助。

关于离焦量，则涉及到了另一个重要参数：焦点位置。激光切割时的焦点位置对割缝宽度和表面粗糙度会产生很大影响。激光切割时辅助气体的气流密度梯度场造成的再聚焦光束，在切割起始时，可能使焦点位置在工件表面以下，随着加工的进行，焦点逐渐移至接近表面。焦点位置的变化对切割质量具有较大的影响（见图 6）。

图 6 所示为焦点位置的变化对切缝宽度的影响，可以看出，当切割焦点位置位于工件表面以下（约 1/3 板厚）时，可以获得最大的切割深度和最小的割缝宽度。

通过 FocusMonitor，能很容易找到焦点位置，结合束腰中不同面的功率密度，可以选择最佳的起始焦点位置，从而保证工作范围内的功率密度值处于最大值附近。

“工欲善其事，必先利其器”，对焦点光束品质相关参数有了第一手的实测数据，才能精确控制切割品质。❑

想的光束模式，能量呈高斯分布，焦点中心处能量密度最高，如同一把锋利的刀。而高阶模或者多模，能量密度分散，对于激光切割来说，就如同一把钝刀。

图 4 中，左边的光束模式接近于 TEM_{00} 模，会得到较好的切割效果；

A & P INSTRUMENT®
科 藝 儀 器
激光 / 顆粒 / 教育 / 实验室设备的专家

关注微信平台

PHOTON ENERGY

皮秒激光系统



内置PHOTON ENERGY
CEPHEUS 皮秒激光器



風冷 體積小 穩定 低成本

CEPHEUS 是一款具有非凡品质的皮秒激光光源

自 2001 年以来，PHOTON ENERGY 在发展工业和研究方面，以及固态激光器的制造和销售方面，一直是一个值得信赖的合作伙伴。OEM 激光光源在工业上的应用，是我们产品系列所主要专注的。自 2006 年以来，我们公司一起依照 ISO 9001 标准认证来运行。

激光模式	锁模，脉动选择 Nd:YVO$_4$F
最大平均功率	12W@500kHz
脉动能量	> 300 μ J@20kHz；100 μ J@100kHz
脉动持续时间	< 15 皮秒
频率范围	单次激发 500kHz（-20MHz 可选）
光束质量	TEM_{00}（M^2 < 1.5）
光束直径（出口）	1.5mm
冷却	风冷
激光口尺寸	480 x 302 x 2005（mm）

科艺仪器还为以下品牌提供销售及服务，更多品牌请登录 www.anp.com.hk

400-886-0017

Apica SYNRAD laserline SPI Newport Cambridge Technology eternal sun UNIVERSAL LASER SYSTEMS INC
MSP Cole-Parmer DASCO scientific
NORTHROP GRUMMAN CITORAT TECHNOLOGIES FISBA OPTIK directphotonics QIOPTIQ YAMAMOTO PreSens PALAS MATRIX

香港 HONGKONG	北京 BEIJING	上海 SHANGHAI	广州 GUANGZHOU	深圳 SHENZHEN	成都 CHENGDU	武汉 WUHAN	台湾 TAIWAN	新加坡 SINGAPORE
T: (852) 2755 6578 F: (852) 2755 4549 info@anp.com.hk	T: (010) 6207 4835 F: (010) 6207 7434 bj@anp.com.hk	T: (021) 5523 3800 F: (021) 5523 3811 sh@anp.com.hk	T: (020) 6683 0899 F: (020) 6683 0898 gz@anp.com.hk	T: (0755) 8220 2428 F: (0755) 8220 2438 sz@anp.com.hk	T: (028) 8521 6348 F: (028) 8524 2667 cd@anp.com.hk	T: (027) 8759 1299 F: (027) 8759 1239 wh@anp.com.hk	T: (886) 2295 3164 6 F: (886) 2295 3986 3 tw@anp.com.hk	T: (65) 6655 0909 M: (65) 9090 0909 sg@anp.com.hk

可调谐激光器

宽带可调谐激光器融合量子点和硅光子学

文/Tomohiro Kita，Naokatsu Yamamoto

一种新的波长可调谐激光二极管将量子点（QD）技术和硅光子学与1310 nm通信窗口附近的高光学增益相融合，并且可以整合其他无源和有源组件，迈向真正的集成光子学平台。

一种新的异质波长可调谐激光二极管，利用量子点（QD）和硅光子学技术，采用高度集成光子学器件的可扩展平台，来利用 1000~1300 nm 波段的高光学增益。日本东北大学和日本情报通信研究机构（NICT）之间的合作研究，展示了 1230 nm 中心波长附近 44 nm 的宽带调谐，并且具有超小的器件尺寸以及许多具有多种性能指标可能的更多配置。

最近开发的高容量光学传输系统，使用具有密集频率信道的波分复用（WDM）系统。由于 1530~1565 nm 的传统波段（C 波段）的频率信道过于拥挤，这类 WDM 系统的频率利用效率达到饱和。然而，近红外波长区域内还有大量未开发的频率资源，例如 1000~1260 nm 的 T 波段和 1260~1350 nm 的 O 波段。

基于量子点的光学增益介质具有各种有吸引力的特性，包括超宽光学增益带宽、高温下的器件稳定性、小线宽增强因子，以及基于绝缘体上硅结构的硅光子学线波导，容易更改以建立高度集成的光子学器件。[1-4]

用于短距离数据传输的光子学器件需要具有小巧的尺寸和低功耗。因此，紧凑的低功率波长可调谐激光二极管，是已设计使用这些未开发频带的更高容量数据传输系统的关键器件，而我们的异质波长可调谐激光二极管由量子点光学增益介质和硅光子学外腔组成，是一种很有前途的备选器件。[5]

量子点光学放大器

通过采用大直径砷化镓（GaAs）衬底上的量子点生长技术，可以有效制备跨越 T 波段和 O 波段的超宽带光学增益介质。我们的三明治结构亚纳米分离器（SSNS）生长技术是获得高质量量子点的简单而有效的方法（见图 1）。

在 SSNS 方法中，三层单层 GaAs 薄膜（每层约 0.85 nm 厚）生长在量子点下的铟镓砷（InGaAs）量子阱（QW）中。此前曾尝试过不采用 SSNS 的传统生长技术，观察到许多大的聚结点，可以诱导量子点器件中的晶体缺陷。现在，由于 SSNS 技术成功抑制了聚结点的形成，从而能够得到高浓度（8.2×10^{10} cm^{-2}）、高质量的量子点结构。

制作脊型半导体波导用于单模传输。半导体光学放大器（SOA）的截面具有镀减反膜（AR）面，是具有低反射的硅光子芯片和用作激光谐振腔中一块反射镜的解理面的接触面。

为了制备 SOA，将 SSNS 生长技术与分子束外延相结合。由 20~30 nm 直径的砷化铟组成的量子点在 InGaAs 量子阱中生长。七层这些量子点层堆叠起来，实现宽带光学增益。随后，该 QD-SOA 用作异质激光器的光学增

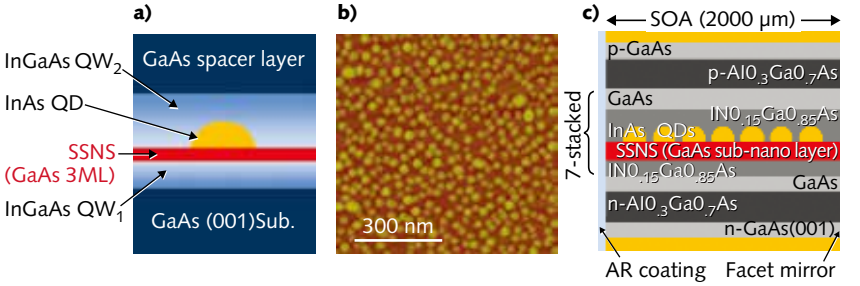


图1：截面图（a）显示了使用SSNS技术生长的量子点装置，产生高密度、高品质的量子点结构（b），用于创建采用量子点光学增益的典型SOA（c）。

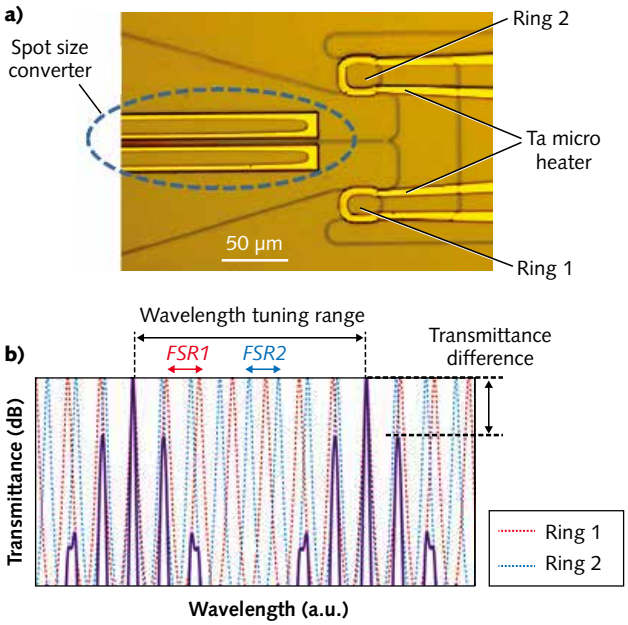


图2：显微镜图像（a）显示基于硅光子学的波长可调谐滤光片。在透射率分析（b）中，红色和蓝色虚线分别表示具有自由光谱范围FSR1的小环形谐振器，以及具有自由光谱范围FSR2的大环形谐振器，而实线表示两透过率的乘积。调谐波长范围由两个环的FSR差确定。FSR较小的差异提供更宽的波长调谐范围，即使是主峰值和边峰值之间的透射率差异较小。

益介质，此外，还可以作为其他通信技术设备，如高速调制器、双模激光器和光收发器。[6,7]

硅光子学环形谐振腔滤光片

制备好 QD-SOA 后，随后采用硅光子学技术制备波长滤光片。它包括光斑尺寸转换器，其具有硅氧化物（SiOx）芯和锥形硅波导，并将 QD-SOA 与硅光子学线波导连接，同时使光学反射和耦合损耗最小化（见图 2）。

该波长可调谐滤光片包含两个不同尺寸的环形谐振器。这两个环谐振器的游标效应只允许特定波长的光反射到 QD-SOA。此外，在谐振器上形成的钽微加热器提供一种方式，由此激光波长可以通过热光效应的应用来调节。

本质上，该双环形谐振器波长滤光片的波长调谐操作通过游标效应实现，其中一个环形谐振器充当波长滤光片，具有恒定的称为自由光谱范围（FSR）的波长间隔，与环的圆周成反比。调谐波长范围是由两个环的FSR（FSR1 与 FSR2）差值确定的。

FSR 较小的差异提供了更宽的波长调谐范围，即使是主峰值和边峰值之间的透射率差异较小。另一方面，需要足够大的透射率差异以实现稳定的单模激光发射，这通过使用具有大 FSR 的环形谐振器来获得。

由于波导中强烈的光约束，硅光子学使我们能够制备具有大的 FSR 的超小环谐振器。环形谐振器包含四个圆象限和四条直线，圆的半径选

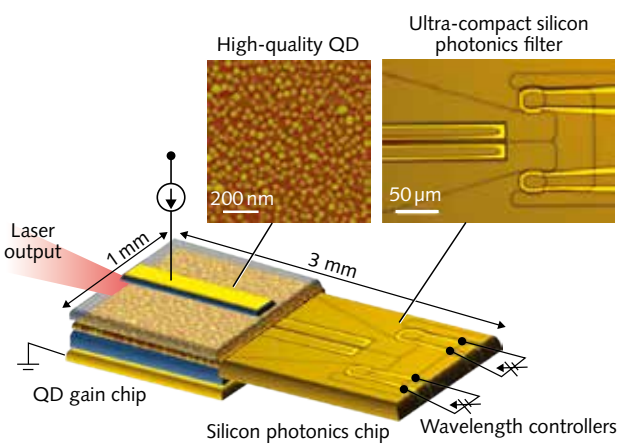


图3：该示意图显示了异质波长可调谐激光二极管的构造。

Amonics
Specialist in Optical Amplifiers
孤子观测仪 (Roguescope)
世界上最快的光谱仪
(每秒一亿帧)！
北京安力谱斯光电技术有限公司代理美国 Time Photonics Inc. 的孤子观测仪作为世界上最快的光谱仪，可以在单次探测内获取实时光谱信息，其帧速可高达每秒一亿帧，为目前最快光谱仪的一千倍。
孤子观测仪的实时探测能力基于美国加利福尼亚大学洛杉矶分校(UCLA)所研发的光子学时域展宽 (photonic time-stretch)技术。
应用
1. 激光瞬态现象，非重复性激光锁模，
2. 调Q、孤子现象的观测
3. 光学系统中的稀有事件的观测
4. 高速随机过程的观测
5. 复杂动力学系统的统计性研究
6. 调制不稳定性的实时观测
7. 高速量光谱分析仪与光谱稳定性观测
8. 非线性光学系统中瞬态现象的观测
硬件规格
型号： TS-DFT-100-NIR TS-DFT-100-IR
波长范围： 650 - 1000 nm 1000 - 1650 nm
带宽： < 650 nm
光谱分辨率： > 10 pm
帧速： 高达1亿帧 / 秒
最小输入功率： 300 μW
最大输入功率： 10 mW
接口： PC/APC
输入光纤： SM / PM
输入电压： 90 to 270 VAC, 50/60 Hz
尺寸" 425 x 44 x 305 (mm)
如欲对孤子观测仪有更多了解，请联系我们
电话：+86 10 84783386
传真：+86 10 84783396
电邮：contact@amonics.com
网址：www.amonics.com.cn

择 10 μm 以避免弯曲损耗。环形谐振器的 FSR，以及总线波导和环形谐振器之间的耦合效率都进行了优化，以获得宽波长调谐范围和足够的透射率差异。

双环形谐振器的 FSR 和耦合效率设计成获得 50 nm 的波长调谐范围，以及 1 dB 的透过率差。已经制造了各种波长可调谐激光二极管，包括宽带可调谐激光二极管、窄光谱线宽可调谐激光二极管，以及使用硅光子学波长滤光片和市售 C 波段 SOA 的高功率集成可调谐激光二极管。[8,9]

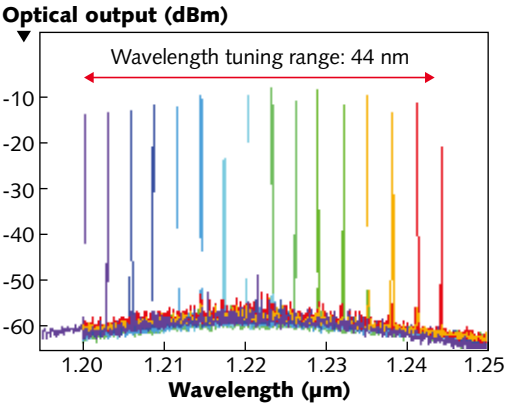


图4：异质波长可调谐激光二极管的中心波长具有宽调谐范围。

可调谐激光二极管

采用步进电机控制器，将 QD-SOA（用热电致冷器将温度保持在约 25℃）与硅光子学波长滤光片对接（见图 3）。激射波长由放置在环形谐振器上的微加热器的温度来控制。波长滤光片和 QD-SOA 的尺寸分别为 600 μm × 1 mm 和 1 mm × 2 mm，该可调谐激光二极管的总器件尺寸仅为 1 mm × 3 mm。

使用带透镜的光纤测量，从 QD-SOA 的解理面输出的激光显示出单模激射特性，激光振荡阈值电流 230 mA。当 QD-SOA 的注入电流为 500 mA 时，最高的光纤耦合输出功率为 0.4 mW。

随着加热器增加环形谐振器的温度，叠加的激射光谱显示 44 nm 的波长调谐范围（功耗 2.1 mW/nm），以及环形谐振器模式之间超过 37 dB 的边模抑制比。据我们所知，该异质 QD/ 硅光子学波长可调谐激光器的 44 nm 波长调谐范围是目前为止最宽的。1230 nm 附近 44 nm 的调谐范围，相当于频域内的 8.8 THz，远大于 C 波段内可用的 4.4 THz 频率（见图 4）。

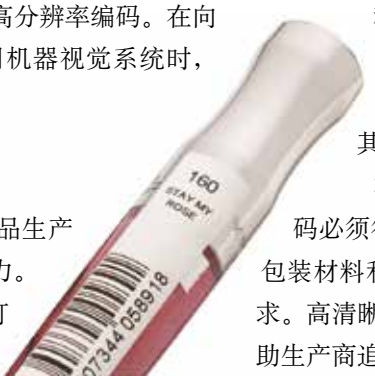
我们的异质激光器适合作为硅光子学平台上的光源，这些硅光子学平台可以包含其他光学组件，例如高速调制器和锗（Ge）探测器。该激光器除了可以作为通信领域的单芯片宽带光学收发器外，考虑到存在水时对 1310 nm 近红外光的低吸收，其也可以用于生物医学成像应用，例如光学相干断层扫描（OCT）。❑

参考文献详见网络版。

上接第19页

一般来说，CO_2 激光器适用于纸箱打码，光纤激光源适用于金属和塑料打码，而伟迪捷最新推出的紫外激光源适用于高密度聚乙烯（HDPE）瓶打码。

高密度聚乙烯瓶是化妆品行业首选的一种包装解决方案，尤其适用于液态溶液，这种材料因其柔韧性而有助于溶液的提取。利用紫外激光技术标识的编码，一旦暴露在紫外线光照下即会改变，可通过这种方法在浅色高密度聚乙烯材质上创建可见的暗色、持久的高分辨率编码。在向消费者传递信息（如保质期）或使用机器视觉系统时，这样的编码特别有价值。



强有力的投资理由

从生产效率的角度来看，在化妆品生产线上使用激光打标机的理由很有说服力。

激光打标机不使用墨水或溶剂，打码低气味。从生产环境的角度来看，这使得它们比基于墨水的、常常使用甲基乙基酮（MEK）的喷印系统更清洁、更环保。大多数化妆品品牌所有者倾向于避免使用溶剂，因为溶剂有可能因为与墨水相关的污染而影响产品安全。

使用激光打标机进行标识，除了更加环保和清洁之外，其不使用溶剂或墨水，还可以降低运行成本。过滤器是有效进行激光标识操作所需的唯一耗材。这样便消除了采购和存储耗材的相关成本，以及为喷码机装备耗材的相关运行成本。考虑到激光系统在构造上可靠、维护需求低，在打标机的使用周期内，其使用成本与其他标识技术相比极具竞争力。

在化妆品行业中，编码需要满足各种要求。编码必须符合法规，必须能轻松、清晰地标识在不同的包装材料和各异的包装形状上，必须满足产品的美观要求。高清晰度激光编码可满足所有这些要求，同时还可帮助生产商追溯编码，打击假冒产品和非法销售渠道。❑

2016，我们如何走过?

编者按：

虽然目前全球经济处于持续放缓状态，让各个行业都或多或少地受到了牵连，但是美国市场研究公司Strategies Unlimited预测2016年激光市场有望在全球低迷的经济环境中脱颖而出。特别是在中国市场，《中国制造2015》纲要的出台，引发了制造业的转型升级，这样的市场需求将为激光企业带来哪些机会？面临的挑战又有哪些？2016年该如何走？对此，本刊有幸采访到了几家激光公司的高管，现将内容分享如下。

Laserline：2016年会有不错的表现



laserline 亚洲区销售经理 Markus Rütering先生
laserline 中国区总经理 于可鉴

Laserline 是一家来自德国的半导体激光器厂商。对于公司 2015 年的销售情况，laserline 亚洲区销售经理 Markus Rütering 表示：“虽然在部分领域遇到停滞，我们对整体的销售增长还是满意的。”laserline 中国区总经理于可鉴先生补充说：“我们在中国市场将会持续增长，尤其是在汽车领域（钎焊和熔焊）和采矿业（熔覆以及表面处理）的增长将保持强劲。”

对于中国制造业升级转型过程中所面临的机会，激光技术是很多工业流程升级转型的基础，“因此中国市场对于我们来说非常重要。”于可鉴先生说道，“目前中国市场存在着两大发展趋势：一方面，一些在德国或其他西方国家已经成为标准的技术开始在中国逐渐被采用，我们的技术和经验可以帮助企业更好将激光技术集成到生产之中；另一种趋势是中国对光学技术的研发和政府的支持，中国的工业流程正在通过激光技术进一步升级。我们的激光器适用于钎焊、熔焊、镀层、淬火甚至是切割应用；当然我们和科研领域也有着很好的合作。”

针对工业制造领域对激光器在价格、供货时间以及占地面积等方面的严苛要求；此外制造业对生产效率和碳排放的要求也日益提升。Markus 表示：“客户选择 Laserline 的一个重要原因我们的激光器能提供高达 48% 的转换效率。我们还在研发转换效率可达 50% 甚至更高的产品，实现节能减排。”

在 2016 上海慕尼黑光博会上，Laserline 将全球首发第六代 laserline 二极管激光器，其设计理念是通过模块化的设计简化激光器的生产和装配，从而达到降低价格，缩短供货时间，体积也更小。除了用于钎焊、淬火、热处理以及修复等应用的激光器外，届时还将展示用于增材制造（3D 打印）及熔焊应用的激光器。熔焊需求降低工件预处理和后期处理，Laserline 激光器对工件的精度的容忍性更高，在钎焊熔焊过程中的飞溅更小，能简化后序的打磨程序。

对于满足制造业需求时所遇到的挑战，Markus 认为，工业界的首先要求是降低成本，Laserline 通过研发创新、寻找新路径研发新技术来降低产品的生产成本。此外，为客户提供专业咨询也相当重要。Laserline 在全球设立分公司以及销售代理，时刻准备着为客户提供专业的咨询支持。

谈到 2016 年的发展预期，Markus 说道，“虽然很多预测都对 2016 年持保守态度，但是我们依然认为，2016 年中国、亚洲以及全球市场都会有不错的表现。”❑

恩耐激光：传统金属加工、3C和车船制造市场大有可为

激光对于整个制造业来说无疑是高科技新兴技术，不但能提高生产质量和效率，还能有效优化生产环境，在未来中国制造业升级转型过程中，必然扮演重要的角色。因此，企业必须更加注重技术创新和差异化服务来提升整体产品价值，满足中国多变的市场需求。恩耐激光技术（上海）有限公司总经理陈峻弘先生表示：“未来，激光将在传统金属加工、3C 和汽车船舶制造等市场大有发展前途。”

近年来飞速发展的激光行业孕育出大量国际和本土的激光器生产厂家，在这样激烈的竞争环境下，拥有独一无二的产品特性才能真正满足客户和最终用户的需求。陈峻弘先生介绍说，恩耐激光具有行业首创的抗高反技术，能不间断、满功率地加工各种高反材料，能有效解决客户在加工高反材料时遇到的激光头和机器损坏的问题。同时恩耐激光器的调制频率可达100kHz，功率上升下降速度快至 5μs，并且其独有的工艺设计还能帮助用户大大降低维护成本，从而提高生产效率，降低运营成本。



在即将到来的 2016 慕尼黑上海光博会上，恩耐将会重点展示 2~4kW 的高功率光纤激光器，这些产品除了用于传统的金属切割、钣金加工领域外，还将在汽车车身焊接、船舶制造等高端应用领域开辟市场。

谈到公司在 2016 年的发展，陈峻弘先生表示，恩耐公司一直以来注重产品质量和研发创新，所有激光器均为美国制造。“中国是一个任何企业都不容忽视的大市场，为满足中国市场需求，恩耐正在美国建设两条全新的生产线，将实现更精益、更智能的生产环境，为中国用户提供更多高质量美国制造的光纤激光器。”他说道。

上月中旬，恩耐与全球机器人领头羊 YASKAWA 签订了战略合作备忘录，将大力推动激光机器人高端应用市场，双方共同开发的高端激光应用将首先在 3C、家电等一般行业布局，后续将会进军汽车行业，销售区域将辐射整个中国。强强联手的协作必定会在中国打开更多新市场，创造更多新技术，为如今空缺的高端激光器应用市场添砖加瓦。❑

通快：对2016年的快速发展充满信心



通快（中国）有限公司激光技术总经理Andreas Weller 先生

虽然全球经济环境低迷，但是在上一个财年中，通快激光技术部的全球销售额却实现了增长了 14.8% 高增长。通快（中国）有限公司激光技术总经理 Andreas Weller 先生表示：“对于这一销售额业绩，亚洲市场特别是中国市场贡献了非常大的比例，中国已经成为我们除了德国以外的最大市场。”中国市场的剧增主要归功于平面激光切割的应用，现在大部分比较高端的二维激光切割机制造商都已经使用碟片激光器。“2014 年通快正式向平面激光切割机制造商提供高功率碟片激光器，而在此之前，其高功率碟片激光器仅服务于通快机床事业部。如今可见，这一策略是非常成功的。”Andreas 说道，“此外，来自三维激光切割机和激光微加工领域的销售额也有一定增长。”

中国制造 2025 纲要旨在把中国从制造大国转变为世界领先的制造强国。对于中国制造业的升级转型为激光企业所带来的市场机会，Andreas 表示，通快能提供不同类型的先进激光技术来应对“中国制造 2025”纲要中提及的十大关键工业领域。随着传

统制造业向高科技加工转型，激光技术因其高效率和高成本效益而成为尖端行业的首选。“我们的重点应用是激光切割、焊接、3D 打印技术和微加工，并且配备集成的传感器和光学配件。”Andreas 补充道。

对于今年的慕尼黑上海光博会，通快将以“通快助力中国制造 2025”为主题亮相。届时将展示通快激光在不同行业应用中的技术解决方案和全线激光系列产品，包括碟片式激光器 TruDisk 6001 和 TruDisk 12002、半导体激光器 TruDiode 6006、一体式激光打标机 TruMark 1108，以及隆重推出的超短脉冲激光器系列新品 TruMicro5280 及 TruMicro7370。

值得一提的是，TruMicro5000 超短脉冲激光器自问世以来，已演变成微加工行业应用的标杆。2015 年德国慕尼黑展上，通快激光再一次推出了最新设计的 TruMicro5080 及 5280 的超短脉冲激光器。新设计采用通快专利的双回路反馈，新谐振腔也提高了可达到的功率级别。在皮秒级别，红外激光可达到 150W，单脉冲能量高达 500uJ，绿光最高平均功率可达 90W，单脉冲能量高达 150uJ。在飞秒级别，新谐振腔的平台搭配了 CPA 技术，红光可达 120W 平均功率，绿光可达 75W 的平均功率，是工业化飞秒激光的一个突破。TruMicro5000 为透明材料以及金属加工领域带来了更高的加工效率。

对于 2016 年的发展，Andreas 坦白地说：“2016 年将是充满挑战的一年，但也是让我们从传统工业转型的时机中赢得市场的一个良机。因此我们对 2016 年的快速发展充满信心。”❑

Newport：2016年我们会继续增长



Newport 公司运动控制产品市场高级经理Beda Espinoza 先生

随着制造业逐渐向更高精度的要求发展，市场对运动控制产品的需求也开始增长。对于 2015 年运动控制市场的增长情况，Newport 公司运动控制产品市场高级经理 Beda Espinoza 先生表示：“客户需求是市场增长的最终驱动力，其中玻璃加工最大的市场需求之一。每部智能手机都需要玻璃屏幕，并且手机玻璃屏幕的尺寸在逐年增大。”

作为一家拥有几十年历史的高精度平台和运动控制产品供应商，持续的研发投入、不断开发创新的产品，是 Newport 在行业中处于领先位置的关键。据透露，Newport 每年将拿出大约 10% 的收入用于研发领域，该比例已经相当可观。“我们当前的新产品已集成位移台和控制器，我们仍在继续致力于让产品更便于使用，XPS-RL 便是其中一例。”Beda 说道，“物美价廉是我们在所有场合的承诺。六轴联动定位系统和多轴联动的不断创新与发展，将帮助我们的客户提高生产效率。”

在 2016 年慕尼黑上海光博会上，同往年一样，Newport 届时将会有很多新产品亮相。XPS-RL 通用型运动控制器，是针对科研和工业市场量身订做的易于使用的高端控制器，简明直观的图形界面和更高的性价比，是光谱和激光加工市场的理想选择。

另一款新产品是 IDL165 系列工业直线电机，行程有 100mm、200mm 和 300mm 可选。紧凑的结构，工业级的保护，高效非接触式的直线电机，适用于蚀刻、增材制造等激光加工领域。

另外还有一系列其他新产品将在光博会后发布。

对于运动控制产品的发展趋势，小型化和更快的速度是两大趋势，当然也是两大挑战。除了上述两大挑战依然存在外，智能手机和其他移动设备的发展也在驱动运动控制产品的消费市场。另一方面，如果物联网带动民用和工业监控应用的增长，也将会为现有的产品线注入新的活力，就像 LED 工业最近经历的一样。

谈及 2016 年的发展情况，Beda 表示：“2016 年我们会继续增长，并为高精密产品开发更多新的应用。我们致力于提升每个人的生活质量，这也是我们持续创新和生产的最终动力。”❑

有效沟通是在光子学领域获得成功的基础

文/Milton Chang

本商业杂志中近期刊登的一篇文章中提到，在接受调查的公司中，60% 以上的公司在招聘新员工时，将人际沟通能力作为最重要的技能。让笔者很惊讶的是，这个比例居然不是 99.9%。有效沟通将观点传递给人们，它能够对我们所做的所有事情产生巨大的差异，这是因为我们经常必须兜售我们的想法、施加影响，按照自己的意愿——找到一份工作，赢得资助，获得资金开办公司，以及说服人们站在我们这边。

笔者在撰写这篇关于沟通的重要性的论文时，有幸得到两位朋友的意见：麻省理工学院市场与传讯负责人 David Tytell，以及 Laser Focus World 和 New Scientist 杂志的专职编辑 Jeff Hecht。他们的意见都特别贴切，因为他们两人都是技术人员出身的职业作家。笔者转述了他们的观点，并感谢他们的分享。

当笔者问 David 如何开始沟通时，他凝视笔者说，在你开始之前停顿一下，站在读者或听众的角度思考。从他们的角度确定信息。决定你讨论的哪些方面可以留下深刻的印象，以及如何能最好地传达信息，以吸引他们的全部注意力。

因此，你必须了解你的听众，以及他们如何看待你。随后，David 给笔者讲述了一段 YouTube 视频，展示的是盲人在街角乞讨。盲人的标语牌写着“我是个盲人，请帮帮我！”这个盲人能够不时地得到几个硬币。后来，一名路人——无疑是市场专业人员——帮助盲人将标语修改为“这是美丽的一天，但是我却看不见。”盲人随后得到了大量的硬币。这个视频可能是刻意导演的，但的确显示出如何让你的情况显得确实吸引人，在这个例子中通过吸引路人的情绪取代陈述事实。

笔者将从 David 和 Jeff 那里得到的一些有用信息进行了概括：

讲述故事。设想你在讲故事，不管你写的是什么，即使它是一份研究报告，从故事的梗概开始。如果你想吸引读者全部的注意力，那就将故事变得有趣、令人兴奋，并且充满悬念。如果可能的话，将悬念保留到故事结尾，这样读者就将一直往下读。可以使用以下的八要点故事线路：静态（起点或现状）、触发（何事引发故事）、探索（构建故事）、惊喜、关键选择（重大决定）、高潮、反转和结局。始终记住，告诉人们你想要告诉他们的东西。

简洁。能够清晰而不拖泥带水地表达自己至关重要。任何不必须的描述只会分散读者的注意力。过多的信息也会湮没主要信息——更糟的是，它会让读者产生反感。



撰写、思考，然后反复修改。即使是经验丰富的作家在开始时也会有困难。记下任何浮现在脑海中的句子以便后续选用，不用担心措辞或者想法的顺序，因为修改和移动文字是非常容易的。一直持续直至完成初稿。然后，反复精修文字！相信你能够找到合适的方式，简洁地讲述故事来传递你的讯息，特别是在间隔几个小时后，再重新以新鲜的视角审视文字时。每遍减少 20% 的文本长度并非不现实的目标。

经常写。熟能生巧！你甚至会成为更好的演讲者。电子邮件的写作为练习沟通技巧提供了绝佳机会。编辑草稿至少两次，在点击发送按钮之前将文本长度减少 40%，这是一种良好的训练。❑

Milton Chang 曾是 Newport 和 New Focus 的总裁。他目前是 mBio Diagnostics and Aurrion 的主任。他是加州理工的理事，是 IEEE、OSA 和 LIA 会士。可将您的商业、管理和事业问题发送至 miltonchang@incubic.com 与他沟通。

第十三届“中国光谷”国际光电子博览会暨论坛

The 13th Optics Valley of China International Optoelectronic Exposition and Forum

OVC EXPO

2016年11月3-5日 武汉国际博览中心

中国光电子产业基地的国际盛会
开拓中西部光电市场的首选平台

展示范围

- 激光
- 光学
- 机器视觉
- 3D打印

2015 展会回顾

- 458家 参赛商
- 40,000m² 展出面积
- 24152名 专业观众
- 11场 论坛
- 17 个 国家和地区
- 183家 媒体宣传

扫微信二维码
了解更多精彩

"中国光谷"国际光电子博览会暨论坛组委会

电　　话：+86-27-87115260
传　　真：+86-27-87115261
邮　　箱：ovcexpo@ovcexpo.com.cn
执行承办：尚格会展股份有限公司
武汉光谷尚格博览科技有限公司

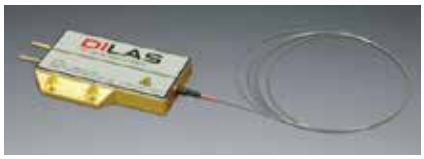
部分同期论坛：

※ 国际光子与光电子学会议（POEM 2016）
※ 第十届中国光谷（武汉）国际激光峰会
※ 2016激光聚焦峰会
※ 亚洲通信与光子学大会（ACP 2016）
※ 2016全球光纤光缆大会

了解更多详情，请登陆 www.ovcexpo.com.cn 专业观众登陆官网进行预登记，即可享受免费住宿！

德国DILAS拓展其光纤耦合泵浦模块输出功率

德国 DILAS 拓展其基于单管激光器的光纤耦合半导体激光器模块的输出功率。



这款全新的基于单管激光器的光纤耦合半导体激光器模块波长 976nm，输出功率有 50W 及 90W 可选，采用芯径为 106.5μm、数值孔径 0.22 的尾纤光纤。同时，若选择集成波长稳定 (<1nm 线宽)，该产品的输出功率分别可达 40W 及 80W。

其紧凑的封装设计，为客户提供了一个简单且相当具有竞争力的产品尺寸，仅 94.5 x 47 x 12 mm³。50W 和 90W 模块的最大工作电流分别为 12A 和 10A。

该产品专为掺镱光纤激光器泵浦这类对高频脉冲有要求的应用而设计，同时配备了保护装置防止 >1 μ m 的背反射。这款光纤耦合泵浦模块同时也是材料处理应用的理想选择。

DILAS

www.DILAS.com.cn

Pulsecheck USB自相关仪

顶尖科仪（中国）股份有限公司推出 APE 的 Pulsecheck USB 自相关仪。德国 APE 公司专业生产超快激光附件以及超快激光检测设备的公司。



Pulsecheck USB 自相关仪是新一代的自相关仪，由电脑软件控制，可获得更高的分辨率。可测量的脉宽更短，最短可测量 10fs。同时集成了更多的功能，振荡器和放大器均可测量，价格更经济。波长范围已经从可见光，近红外光，扩展到了远红外波段。最长可达 12 微米。同时继续保留光纤输入选项功能，操作更简单，使用更方便。

顶尖科仪（中国）股份有限公司

www.psci.cn

Impress 213nm深紫激光器

Impress 213nm 是的德国 Xiton 公司推出的一款深紫外激光器，该款激光器采用 1064nm 的 5 次谐波得到深紫外的脉冲输出。使用该款激光器可获得高脉冲功率 150mW、脉冲宽度小于 7ns、单脉冲能量 > 15μJ、重频 0.1~30kHz、光学特性非常好的紫外激光。Impress213 主要针对光纤布拉格光栅制备应用领域。同时以其优异的光学特性，还可以应用于各类加工行业，如波长敏感处理、立体光刻、显示修复、微处理、半导体观察、激光激发测量等。



顶尖科仪（中国）股份有限公司

www.psci.cn

LDM系列紧凑型大功率二极管激光器

Laserline LDM 系列二极管激光器满足很多激光应用的紧凑性和大功率需求。高 22cm 的 19 英寸的机箱内整合了 LDM 激光头模块、二极管供电系统、控制系统以及冷却系统。



LDM 的光束品质可以与固体激光器相媲美，而转换效率是其 10 倍，体积小巧，运输方便，尤其适用于移动式工作站。其最高功率可达 4kW。

激光系统的微型化可以有效降低前期投入的成本，而 Laserline 在现有 LDM 系列的基础上，成功研发出具有模块化设计的 4000 W LDM 二极管激光器，为客户在大功率激光器中提供了最新、最紧凑可靠的选择。

Laserline

www.laserline.de

Spectra-Physics峰值功率达2MW的超快激光器

femtoTrain 1040-5 飞秒激光器，输出红外波长 1040nm，输出功率 >5W，脉冲重复频率 10MHz，脉宽 <220fs，脉冲能量 >0.5mJ，峰值功率 >2MW。采用超级稳定的密闭式光学谐振腔设计。适用于医疗和生物成像应用，包括光遗传学等。



Spectra-Physics

www.spectra-physics.com



第十届亚洲(深圳) THE 10th ASIA (SHENZHEN) INTERNATIONAL

国际激光智能制造展暨论坛

LASER INTELLIGENT MANUFACTURING FAIR & FORUM

2016·5·19-21 中国·深圳会展中心

SHENZHEN CONVENTION & EXHIBITION CENTER

同期展会 CONCURRENT EXPO

第二届亚洲(深圳)国际工业4.0展暨论坛

The 2nd Asia (Shenzhen) International Industrie 4.0 Expo & Forum

2016亚洲(深圳)激光医疗设备及美容展暨论坛

Asia (Shenzhen) Laser Medical & Beauty Equipment Fair & Conference

10TH ANNIVERSARY 2007-2016

2016 www.laserfair.cn

LASERFAIR

China Laser Innovation Conference

广东省激光行业协会(GDLIA) +86-769-2238 1699 深圳市星之球信息科技有限公司(XZQLaser) +86-755-8212 8758

Advertiser	广告商名称	网址	页码
A & P Instrument Co., Ltd.	科艺仪器有限公司	www.anp.com.hk	29
Aerotech Inc.		www.aerotech.com	5
Amonics Ltd.		www.amonics.com.cn	31
DILAS Diodelaser China Co., Ltd.	南京德商帝纳斯激光有限公司	dilas.com	15
Elixir Photonics		www.elixirphotonics.com	19
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/eo-imaging	13
FISBA OPTIK AG		www.fisba.com	23
Laser Fair	国际激光智能制造展暨论坛	www.laserfair.cn	39
Nufern		www.nufern.com	11
OPTO Taiwan	国际光电大展	www.optotaiwan.com	IBC
OVC Expo	第十三届“中国光谷”国际光电子博览会暨论坛	www.ovcexpo.com.cn	37
Pinnacle Scientific (China) Corporation	顶尖科仪(中国)股份有限公司	www.psci.cn	3
PCO AG		www.pco.de www.pco-tech.com	21
TRUMPF (China) Co., Ltd.	通快(中国)有限公司	www.cn.trumpf.com	7
Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.	深圳瑞丰恒激光技术发展有限公司	www.rfhlasertech.com	2



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

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

Shenzhen (深圳)
Jenny Li (李文娟)
jennyl@actintl.com.hk
Tel: 86 755 2598 8571

Wuhan (武汉)
Sky Chen (陈燕)
skyc@actintl.com.hk
Tel: 86 137 2373 9991/ 86 27 6885 2360

Beijing (北京)
Cecily Bian (边团芳)
cecilyb@actintl.com.hk
Tel: 86 135 5262 1310/ 86 10 67484833

Shanghai (上海)
Sales Director-China (中国区销售总监)
Hatter Yao (姚丽莹)
hattery@actintl.com.hk
Tel: 86 21 6251 1200

Asia (亚洲)

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

Taiwan (台湾地区)
Rebecca Tsao (曹宇容)
rebecca@arco.com.tw
Tel: 886-2-23965128 x 203

Singapore, Malaysia (新加坡，马来西亚)
Peggy Thay
peggy.thay@publicitas.com
Tel: 65-6836-2272

North America (北美)

UK, Ireland
Jim Ajayi
jima@pennwell.com
Tel : +44 (0)1992 656 657

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: 49-8856-8020228

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

OPTO TAIWAN 2016

Photonics festival in Taiwan

Automotive Photonics Zone

Int'l Automotive Photonics Zone
www.optotaiwan.com

June 15-17, 2016 TWTC Nangang Exhibition Hall

Buyers Invitation for One-to-one Biz-match Meeting!



◆ Automotive Optics & Image System

- Car Camera Lens & CCD/CMOS Image Sensors
- Surveillance System & EDR (Event Data Recorder)
- Image Assistant System: IR Image, Lane Departure Warning System, Night Vision, Around View Monitoring, Side View System
- Parking System: Rear View Camera/ RADAR, Auto Brake System
- LPR(License Plate Recognition)
- LiDAR System





◆ Automotive Display Panel AV Navigation System

- LCD/AMOLED Panel for Dashboard / Central Control Board / Navigation System
- Rear Mirror Display System: AR/VR
- HUD: Head-Up Display
- Rear Seat Infotainment Display System

◆ Internet of Vehicles & Sensor

- ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)
- Cloud & Optical Communication
- V2V Communication
- Sensor: GPS, G-Sensor, Light Sensor, Temperature & Pressure Sensor, Gyroscope
- Traffic Flow Control System: Big Data, Cloud Storage
- Battery Diagnostic Service



◆ Automotive LED/Laser/IR/OLED Light Source、PV

- Light Source－LED/OLED Package, Module, Light Engine
- Automotive Lamp: Head Lamp, Day Light Lamp, Fog Lamp, Turing Lamp, Flash Lamp
- Room Lamp, Trunk Room Lamp, Fender Marker Lamp, Decorative Light & Control System
- Automotive PV & Li-Battery Storage System



Organizers PIDA Photonics Industry & Technology Development Association | TLLIA Taiwan LED Lighting Industry Association | TVMA Taiwan Transportation Vehicle Manufaturers Association

Contact Tel : +886-2-2351-4026 Fax : +886-2-2396-8513 Jason Cheng (ext.253) E-mail: jason.cheng@mail.pida.org.tw

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

