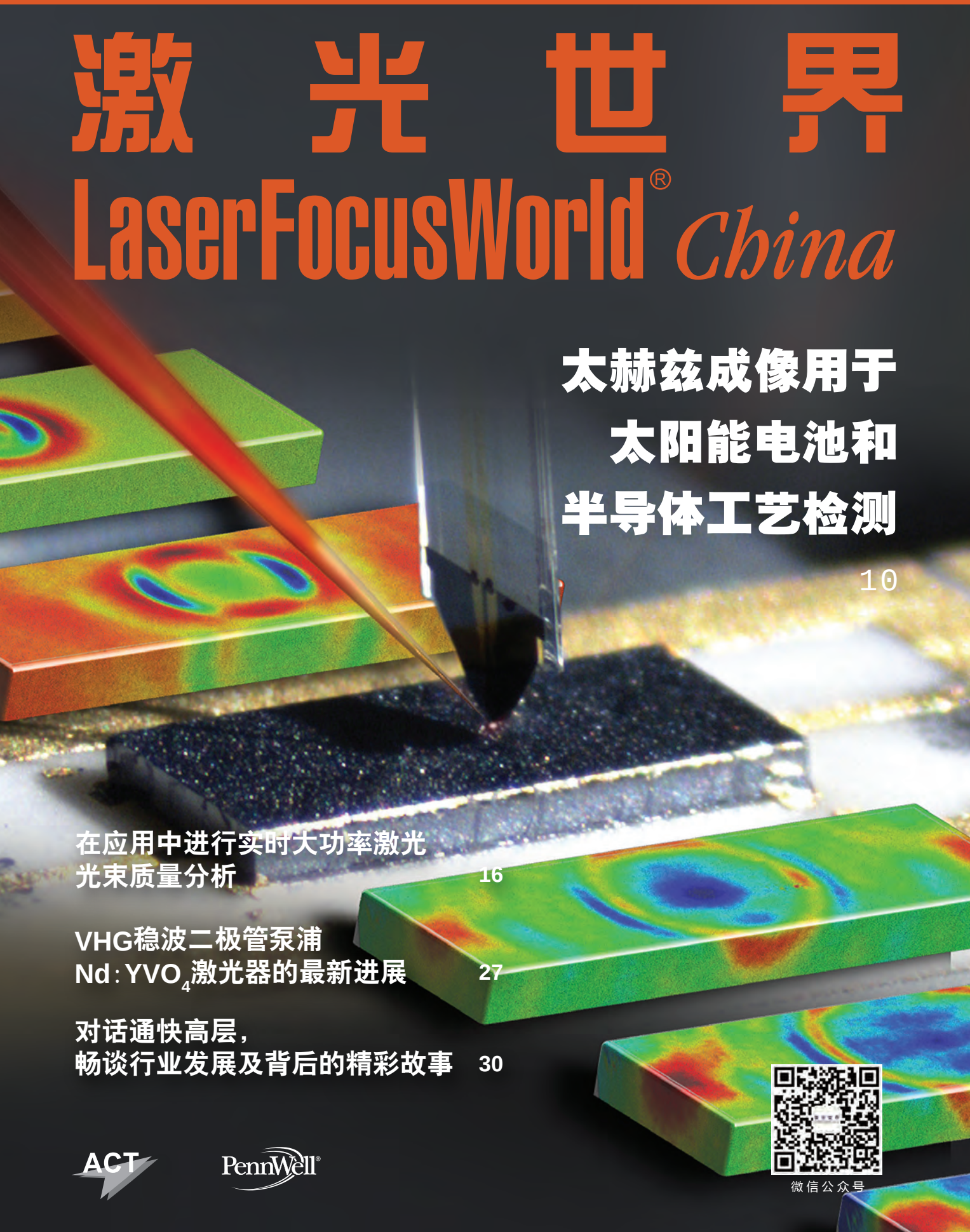
光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2017年11/12月 第6期
ISSN: 1817-6917

激光世界

LaserFocusWorld® China



太赫兹成像用于太阳能电池和半导体工艺检测 10

在应用中进行实时大功率激光光束质量分析 16

VHG稳波二极管泵浦Nd:YVO_4激光器的最新进展 27

对话通快高层，畅谈行业发展及背后的精彩故事 30

ACT PennWell®

微信公众号



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

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通过它的一系列产品－包括杂志和网上出版物、培训、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国际的产品包括多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、电子制造、污染控制、激光/ 光电子、射频/ 微波、光伏/ 太阳能、光通信、LED 技术等领域的约十多万专业读者。ACT 亦是若干世界领先技术出版社及展会的销售代表。ACT总部在香港，在北京、上海、深圳和武汉设有联络处。

香港	深圳	上海	北京	武汉
852-28386298	86-755-25988571	86-21-62511200	86-10-67484833	86-27-59221554

SSOTC　VisionCon 视觉系统设计技术会议　EDICON Electronic Design Innovation Conference 电子设计创新大会　LaserFocusCon 激光聚会　CleanRooms China



PRECITEC

LÖSNING SOLUÇÃO OPLOSSING SOLUCIÓN ÇÖZÜM SOLUTION LÖSUNG РЕШЕНИЕ SOLUZIONE 解决方案 LÖSNING SOLUÇÃO SOLUCIÓN ÇÖZÜM SOLUTION LÖSUNG РЕШЕНИЕ SOLUZIONE OPLOSSING ÇÖZÜM 해결방안 SOLUTION

尖端科技 眼见为实
欢迎莅临普雷茨特上海工博会展台：

2H-A012 | 2017.11.7 – 11.11



测量

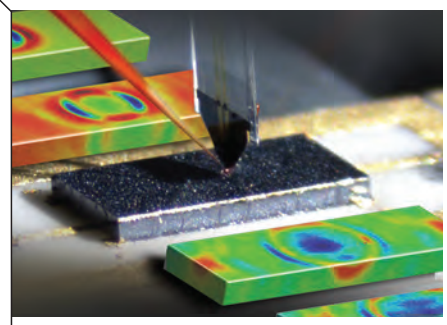
控制

加工

监控

普雷茨特
激光切割与焊接领域的市场选择

WWW.PRECITEC.CN



10 封面故事

太赫兹成像：

太赫兹成像用于太阳能电池和半导体工艺检测

用光纤耦合的集成组件替代自由空间光学元件，可以使模块化太赫兹时域成像系统在太阳能和导体晶圆分析方面发挥优异的作用。

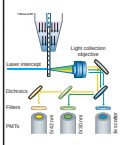
5 市场风向标



西方激光从业者眼中的中国工业激光市场

在西方工业激光加工系统制造商看来，中国是其产品的一个最大市场，在不久的将来，中国厂商很可能成为海外激光设备厂商的重要竞争对手。

13 应用天地

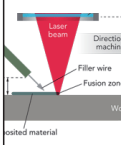


紫外荧光激发

新型320nm紫外激光源增强流式细胞术

320nm激光源使高维流式细胞术更容易、更经济，这将为更好的生物医学分析仪器贡献力量。

16 光束分析



在应用中进行实时大功率激光光束质量分析

一种实用型高功率激光实时测量方法，测量在激光焦点上进行，进一步发展创新的光束采样可以实时精确测量50~100kW的激光功率。

19 激光切割

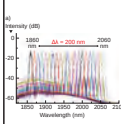


光纤激光切割机在不锈钢厨具及钣金行业的应用

光纤激光切割机在薄板切割领域的使用量日趋增长，文章从激光器功率的选择、机床配置的选择和系统与伺服的选择几方面，介绍了如何选择能满足实际需求的激光切割机。

技术中心

21 可调谐激光器



碳纳米管实现2μm超快激光器创记录的波长调谐

南京大学的研究人员使用碳基纳米材料，利用紧凑和低成本的2μm激光振荡器，实现了创记录的波长调谐范围。

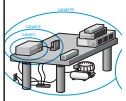
22 太赫兹成像



太赫兹成像在农业和工业领域寻求应用

尽管在癌症和安检应用方面失去了牵引力，但太赫兹成像仍然瞄准可能最终惠及太赫兹设备供应商的几种农业和工业应用。

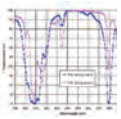
25 激光二极管保护



如何保护激光二极管免受电气损坏

采取一些步骤来保护激光二极管免受静电放电、电流过大、电流尖峰和电压瞬变的影响。

27 DPSS激光器



VHG锁波二极管泵浦Nd：YVO_4激光器的最新进展

文中讨论了光纤耦合波长锁定的二极管在Nd：YVO_4高能级泵浦与优化方面的优势，并给出实施基于VBG的解决方案时，在成本、功率、效率和动态范围方面的系统级权衡。

30 访谈



对话通快高层，畅谈行业发展及背后的精彩故事

通快的两位企业高管分享了他们对激光技术的过去、现在和未来的热情和想法，以及激光行业发展过程中的很多精彩故事，闪耀着诸多独特的见解。

4 编者的话
6 行业动态
7 前沿简讯
33 产品撷英
36 广告索引

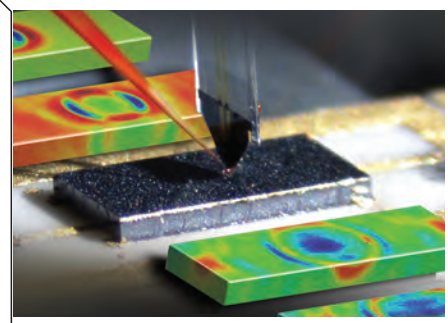
关于《激光世界》

《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



10 COVER STORY

Terahertz Imaging

Terahertz imaging tackles solar cell and semiconductor process inspection

Replacing free-space optics with fiber-coupled, integrated components allows modular terahertz time-domain imaging systems to excel in solar and semiconductor wafer analysis.

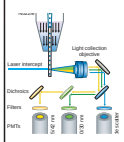
5 MARKET WATCH



An Western observer's perspective for idustrial lasers in China

In the view of industrial laser processing system manufacturers in the Western world, China is the single largest market for their products and, potentially in the near future, a significant competitor in their home markets.

13 APPLICATIONS

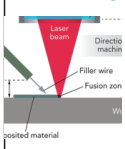


UV Fluorescent Exciting

Novel ultraviolet 320 nm laser source enhances flow cytometry

A 320 nm laser makes high-dimensional flow cytometry easier and more economical, that will contribute to better biomedical analysis instrumentation.

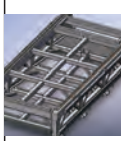
16 Beam Analysis



Real-time high-power laser beam quality analysis in applications

This paper introduce a practical high-power laser beam real-time measurement method, the further development of innovative beam sampling can achieve real-time measurements of 50~ 100kW laser power.

19 Laser Cutting

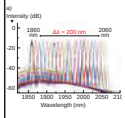


Application of fiber laser cutting machine in stainless steel kitchenware and sheet metal industry

This article introduces how to choose the laser cutting machine that can meet the actual needs from the aspects of laser power selection, machine tool configuration & system and servo selection.

TECHNOLOGIES CENTER

21 Tunable Lasers



Carbon enables record wavelength tuning for 2 μm ultrafast lasers

Researchers at Nanjing University are now using carbon-based nanomaterials to enable record tuning range from compact and low-cost 2 μm laser oscillators.

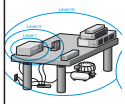
22 Terahertz imaging



Terahertz imaging- A technology in search of applications in agricultural and industrial applications

Despite losing traction for cancer and security screening, terahertz imaging continues to target several agricultural and industrial applications that may finally benefit terahertz equipment vendors.

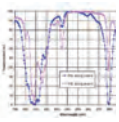
25 Laser-diode Protection



How to protect your laser diode from electrically caused damage

Take these steps to protect your laser diodes from electrostatic discharge, excessive current levels, current spikes, and transients.

27 DPSS Lasers



Advances in Pumping Nd:YVO_4 with VHG-stabilized Diodes

This article discusses the advantages of upper-state pumping and optimization required for fiber coupled, wavelength locked diodes, and also quantifies the system level trade-offs in implementing a VBG based solution with respect to cost, power, efficiency, dynamic range.

30 INTERVIEW



Dialogue to TRUMPF executives talking about industry developments and some wonderful stories

Peter Leibinger, vice chairman, and Christian Schmitz, president of the laser division, of the TRUMPF Group shared their fascination and thoughts on the past, present, and future of laser technology. It was a long and inspiring conversation with some surprising insights.

4 EDITOR'S NOTES
6 INDUSTRY UPDATES
7 LEADING EDGE SNAPSHOTS
33 PRODUCTS HIGHLIGHTS
36 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.

快速成长的中国市场和中国厂商

随着中国制造业向着更高的自动化和智能化水平发展，中国的工业加工市场为激光技术提供了前所未有的发展机会。

来自市场研究公司的调查统计数据显示，2016 年，全球用于材料加工的激光设备的市场规模约为 126 亿美元，其中中国激光材料加工设备的市场规模约为 38 亿美元，大约占据了全球激光材料加工市场 1/3 的份额。在过去的五年中，中国激光材料加工市场的复合年均增长率高达 12.51%，预计 2017 年的增长率将飙升至 22%左右，市场规模将达到 46 亿美元。

潜力巨大的市场规模和强劲的增长速度，让中国市场又一次成为全球的关注点之一；同时，面对本土市场的大好发展时机，中国本土的激光设备厂商也在过去的几年中逐渐羽翼丰满，涌现出了很多实力不俗的企业。过去，对于相对高端的激光材料加工设备，中国还主要依赖于进口；但是在最近的两三年中，中国高端激光加工设备依赖于进口的局面正在扭转，进口设备逐渐缩减，同时中国激光加工设备的出口正在逐年稳步增长，并且出口超过进口的局面也是指日可待。

中国的激光材料加工市场主要有智能手机制造业、汽车制造业以及平板显示制造等。

在本期的访谈栏目中，通快公司高管表示了对中国市场的极度关注。他一方面感受到了来自中国厂商的竞争压力，同时也在积极应对，努力抓住中国市场带来的广泛机遇。在 11 月初刚刚结束的上海工博会上，通快召开了其中国子公司成立 18 周年庆典，并表示将继续加大在中国市场的投资，进一步扩建太仓工厂，建设智能化工厂，抓住中国制造业转型升级过程中更多的市场机会。

作为中国激光设备领域的龙头厂商，大族激光近期公布的财报显示，其第三季度营收同比增长 81.01%，今年前三季度总营收同比增长 78.69%。强劲增长背后的驱动市场来自消费类电子、新能源及 PCB 设备等领域。

中国市场一直都是全球的关注焦点，这里有广阔的地域和庞大的人口，加上当前政府大力发展制造业的政策指引，市场需求不言而喻。与此同时，中国厂商也实力正在与日俱增，特别是在光纤激光器和半导体激光器领域，一些中国厂商已经令很多国际厂商感受到了紧迫的竞争压力，过去激光源大量依赖进口的局面正在迅速扭转，国内新兴的激光器厂商正如雨后春笋般涌现。而在激光设备方面，中国厂商也正在成为全球市场上越来越有竞争力的角色。❑

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
© 2017 版权所有 翻印必究

西方激光从业者眼中的中国工业激光市场

文/ David Belforte

2016 年中国工业激光材料加工设备市场规模约为 38 亿美元，在过去五年中的复合年均增长率（CAGR）为 12.51 %。预计 2017 年的增长率将在 22%左右，市场规模将达到 46 亿美元。

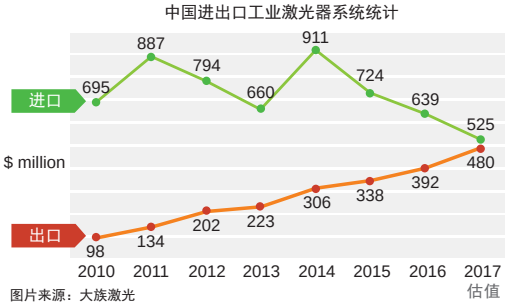
2016 年，全球用于材料加工的激光系统的市场总额约为 126 亿美元，因此，单是中国市场就占据了全球工业激光加工系统收入约 1/3 的份额。这些激光系统的热门应用包括智能手机制造、用于加工制品、电动汽车电池和平板显示领域的钣金切割，2016 年钣金切割应用促使微观材料加工市场收获了 23%的强劲增长。

2016 年，中国进口了 6.4 亿美元的工业激光系统，相比于 2014 年高达近 10 亿美元的金额，大约下降了 30%。预计 2017 年中国进口激光加工系统的金额将继续缩减，下降幅度约为 18%。图 1 表明中国激光系统出口与进口的交叉点可能发生在 2018 年。

从另一个角度看，在过去的五年中，中国材料加工激光系统供应商实现了复合年增长率高达 16%的收入增长。据悉，这些公司中约有 150 家公司的年收入超过了 500 万美元。

自 2010 年以来，中国材料加工激光系统供应商的出口额以 22% 的复合年均增长率增长，预计 2017 年的出口额将达到 4.8 亿美元。其中大部分设备出口到韩国、台湾和越南等其他亚洲市场，以及制造业快速增长的印度和马来西亚等国家。

出口到美国和欧洲的中国激光材料加工系统，目前在市场中尚处于介绍性阶段，因为出口到欧美市场的设备，必须要复合安全性和可靠性标准。在西方国家开拓市场尤其困难，西方国家对快速服务响应和加快替换零件供应的要求已经形成。中国系统供应商意识到，美国和欧洲买家首要关注的是设备可靠性，甚至超过产品价格。



图片来源：大族激光

图1：预计到2017年底，2010-2017年中国工业激光系统的出口有望实现高达21.9%的复合年增长率；同等系统的进口可能会达到-3.4%的复合年增长率。

使用光纤激光器作为市场上许多工业激光系统中的光源，有助于减轻服务和可靠性问题。光纤激光器是一种节能、使用寿命长和易于维护的设备，可确保在制造环境实现具有成本效益的运作。长时间的可靠性，也是光纤激光器已经占据到所销工业激光器 1/3 的主要原因。

2016 年，中国系统制造商共在其加工系统中使用了 7 万台光纤激光器。其中，有 1 万台是大功率（>1kW）应用，如焊接和钣金切割，6 万台用于需要脉冲激光输出（<1kW）的系统中，用于打标和微加工应用。值得注意的是，大约 60%的高功率连续波光纤激光器和 30%的低功率脉冲光纤激光器来自非中国供应商。

目前市场上的竞争非常激烈，成功的国际工业激光和系统制造商在产品研发方面进行了大量投入，以在竞争激烈的全球市场中保持领先地位。例如，IPG 将销售额的约 7.9%进行研发投资（2017 财年第一季度），而通快在研发领域的投资比例约为 10.5%（15/16 年度）。投资于研发和知识产权（IP）将获得积极的投资回报。

中国政府正在智能制造方面寻求突破，以提高产品质量和效率，刺激实际需求，加强新增长势头，注重制造创新以及信息与制造技术的整合，提升信息技术和高端设备，并协助机器人和智能系统的发展，这些都将直接或间接涉及工业激光技术。如果实现了这些目标，将有望增加中国企业的知识产权，中国企业将在市场上更具竞争力。

新的“五年计划”的关键是中国的“一带一路”，这将促进中国与其他 65 个国家的经济合作 。一带一路已经承诺投资超过 9000 亿美元建设基础设施网络。中国计划利用中国的资金和工业技术，创造出一种新的全球化局面。此举也有望重建全球经济体系，使更多国家和企业与中国产生紧密的合作。此举也有助于中国的激光加工系统进入欧洲材料加工市场。

一些领先的中国制造商已经意识到市场环境的变化。在中国制造业转型发展的大环境下，这些制造商可以进入利润更丰厚的、目前难以进入的市场，提供更高端的激光设备。❑

2017 山东激光产业发展研讨会暨山东激光产业园筹建论证会圆满落幕

山东省拥有激光企业 500 多家，其中 400 多家位于济南，主要涉及半导体激光器件、激光检测、光纤传感、激光雕刻、3D 打印、激光加工设备等产业。经过近 20 年的发展，山东已经具备了较完备的产业链基础，但尚未形成品牌效应和协同发展的优势。为推动山东激光产业向规范化、聚集化、高端化发展，引进国内外先进技术，打造全国知名激光产业基地，共同推动中国激光产业的发展，山东激光产业联盟于 9 月 27 日在济南召开了山东激光产业发展研讨会暨山东激光产业园筹建论证会。



本次会议邀请了中国光学光电子行业协会、湖北省激光行业协会、山东大学专家、鲁信、冠群投资公司、激光企业及媒体记者等 50 位左右人员参加。会议围绕着山东激光产业发展情况及山东激光产业园筹建工作展开了讨论。

会上，山东激光产业联盟执行理事长丁兆迎先生对山东激光产业园项目进行了介绍，该项目计划将园区打造成含生产中心、仓储物流、国际技术研发交流中心等 9 大功能区、容纳 10000 人左右的中国国际激光产业基地。湖北省激光行业协会秘书长童吉山、山东大学李平教授、王玉荣教授、山东省科学院激光研究所主任成巍以及来自企业的代表们，分别对园区的建设提出了宝贵建议和参考。❑

大族激光第三季财报同比增长 81.01%

近日，大族激光发布了第三季度财报。数据显示，其第三季度营收达到了 33.78 亿元，同比增长 81.01%，前三季度总营收为 89.14 亿，同比增长 78.69%。而第三季度归属上市公司股东净利润则达到了 5.88 亿元，同比增长 151.98%；前三季度归属上市公司股东净利润则达到了 15.02 亿元，同比增长 137.31%。

据财报信息显示，本财季主要受益于消费类电子、新能源、大功率及 PCB 设备需求旺盛，公司产品订单较上年度大幅增长，而且公司上半年大、小功率激光及自动化配套设备都实现销售增长，并且公司通过加强高端激光设备和自动化设备的技术开发及市场推广，获取了较大市场份额。在节能减排政策背景下，公司加大在新能源领域的研发投入，报告期设备销售取得大幅增长，市场份额持续提升。财报数据表明，未来新增长将持续出现在手机市场。据悉，苹果是大族激光在手机领域的最大客户，随着苹果开始导入 OLED 面板，来自苹果的订单营收将大幅提升。

财报还显示，大族激光去年的研发投入增长较多，主要投入领域包括 OLED、消费类电子、动力电池等。❑

美国大通激光加入激光行业巨头通快公司

2017 年 10 月 4 号，大通激光公司（Access Laser Company）和通快公司（TRUMPF）宣布他们就通快公司收购大通激光 85% 的股权已经达成协议，但并未公布收购价格。通过收购大通激光的大部分股权，通快公司确保了在极深紫外（EUV）光刻领域的重要地位。大通激光创始人张永方博士会保留小部分股权，并将继续担任大通激光 CEO 职位。

通快执行合伙人兼 CTO Peter Leibinger 博士说：“大通激光是我们 EUV 业务的核心合作伙伴，也是一家高度创新的激光公司，我们将共同携手、紧密合作进一步提升 EUV 的性能，以及服务更多的创新型低功率 CO_2 激光器的客户。”

张永方博士表示：“加入通快公司使我们能够扩大视野和业务范围，成为一个真正全球性的组织，同时保持我们科学好奇心和文化多样性的核心价值观。由于市场重心的协同作用，通快在工业市场的优势与我们在科研市场上的优势互补，这种合作关系更加吸引人。”

美国大通激光成立于 1999 年，从最初只有少数几个激光科学家和光学工程师，成长为今天在美国、中国超过 60 多名雇员的公司。大通激光早期聚焦在科研用 CO_2 激光器的研发，在定制激光器方面建立了强大的专业知识。2012 年，大通激光利用这一优势，成为了 EUV 市场的核心供应商。这些创新性产品最近还进入了自动驾驶、医疗和牙科等市场。❑

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

上海超强超短激光实验装置成功实现 10 拍瓦激光放大输出

10 月 24 日晚，上海超强超短激光实验装置（SULF）研制工作取得重大突破：该装置成功实现了 10 拍瓦激光放大输出，达到国际同类研究的领先水平，也是目前人类能掌握的最高光强光源。SULF 装置计划于 2018 年底全面建成并对用户开放。



在国家发展改革委和上海市政府的重视支持下，以 10 拍瓦激光装置为核心的上海超强超短激光实验装置（SULF）的研制被纳入上海建设具有全球影响力的科创中心、打造世界级重大科技基础设施集群的首批重大项目，将是上海张江综合性国家科学中心的核心平台之一。

SULF 激光装置采用基于大口径钛宝石晶体的啁啾脉冲放大技术路线。研究人员解决了大口径高增益激光放大器、高性能激光泵浦源、宽带高阶色散精密控制和增益窄化抑制等关键科学技术问题，在国际上首次实现了 300J 以上能量水平的宽带（半高全宽达到 70nm）激光放大输出。10 拍瓦激光主放大器采用的钛宝石晶体直径达 235mm，由上海光机所自主研制，这是我国首次研制成功并获得激光放大的口径超过 200mm 的激光晶体，也是目前已知国际最大口径的激光放大晶体。

钛宝石主放大器输出的纳秒级啁啾脉冲最高能量达到 339J，激光脉冲宽度经过脉冲压缩器压缩后达到 21fs，压缩器效率 64%，压缩后激光脉冲的最高峰值功率可达 10.3 拍瓦，这是目前已知的最高激光脉冲峰值功率。❑

我国首台高平均功率太赫兹自由电子激光饱和出光

由我国科学家自主研发的国内首台高平均功率太赫兹自由电子激光装置，在四川成都首次饱和出光。经第三方检测，实验真实可靠，且装置运行稳定。我国太赫兹源从此正式进入自由电子激光时代。

8 月 29 日，由中国工程物理研究院应用电子学研究所牵头的高平均功率太赫兹自由电子激光装置（CTFEL）首次饱和出光，并实现稳定运行。9 月 20 日，经过专家组现场测试和中国兵器工业第 205 研究所第三方检测，CTFEL 装置太赫兹频率在 1.99THz、2.41THz 和 2.92THz 三个频率点稳定运行，平均功率均大于 10W，最高达到 17.9W；微脉冲峰值功率均大于 0.5MW，最高达到 0.84MW。通过调节电子束能量和磁场强度，可以实现输出激光频率连续可调。

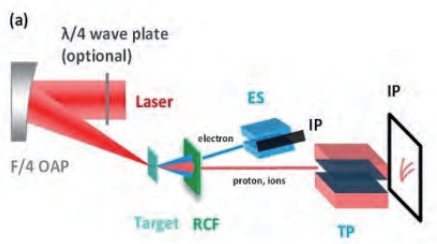
太赫兹（THz）辐射通常指频率在 0.1~10THz 区间的电磁辐射，波段位于微波和红外光之间，是人类尚未完全认识并很好加以利用的最后一个波（光）谱区间。物质的太赫兹光谱（包括发射、反射和透射）包含有丰富的物理和化学信息，研究有关物质在这一波段的光谱响应，探索其结构性质及其所揭示的新的物理内容，已成为一个新的研究方向。自由电子激光（FEL）由于具有频率连续可调、功率大、线宽窄、方向性好、偏振强等优点，使得在同一台装置上实现太赫兹波段全覆盖的大功率理想太赫兹源成为了可能，故自由电子激光是目前该波段最有前途的高功率可调谐相干光源。

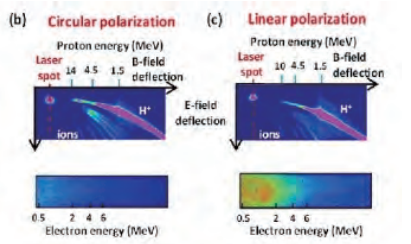
CTFEL 装置是依托科技部支持的国家重大科学仪器设备开发专项“相干强太赫兹源科学仪器设备开发”项目，于 2011 年立项启动。作为一种新型相干强太赫兹光源，CTFEL 装置在材料、生物医学等领域有着重要应用前景。❑

上海光机所激光质子刀研究取得重要进展

中科院上海光机所强场激光物理国家重点实验室在激光质子刀研究中取得重要进展。科研人员利用圆偏振拍瓦级超强超短激光脉冲轰击纳米厚度薄膜靶，获得了大流强、准单能的高品质质子束，质子能谱峰能量达到 9MeV，峰值流强高达 3×10^{12} protons/MeV/sr。这一结果代表着激光驱动的质子刀方案向前迈出了关键一步。

高能质子束在物质中传输时具体独特的布拉格峰，即质子在传输路径上损失能量很少，能量主要沉积在末端。因此采用高能质子束治疗体内癌症时，在杀死癌细胞的同时，能很好地保护健康细胞，这种治疗手段被称为质子刀。基于传统加速器的质子刀肿瘤治疗在国内外都已取得很大进展。临床效果非常好，但缺点是治疗费用十分昂贵，难以普及。





超强超短激光驱动的以等离子体为工作介质的高能质子加速器，由于其加速梯度（单位长度内粒子获得的能量）远大于传统加速器，大大缩小加速器规模，从而有望减少治疗费用，成为新一代激光质子刀。用于肿瘤治疗的质子刀，需要满足能量高、准单能、流强大等条件。

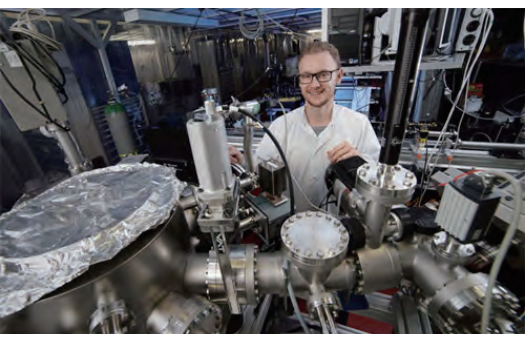
在本次研究中，科研人员分析表明，基于无碰撞激波的加速机制是产生这种高品质高能质子束的原因，该机制预言质子能量可在现有的激光条件下定标到百兆电子伏特，满足质子刀肿瘤治疗的要求。

超强超短激光驱动产生的超短脉冲、高品质高能质子束还可应用于质子照相与材料检测、激光核聚变快点火、实验室天体物理、激光核物理和核医学等方面的研究。❑

基于极远紫外线的光学相干断层扫描技术

德国耶拿大学的研究人员使用高次谐波的极远紫外（XUV）辐射源，实现了具有纳米级轴向分辨率的三维非破坏性成像，即将极远紫外线用于实验室规模的光学相干断层扫描（OCT）。

OCT 中的 XUV 可以使用较短的辐射波长（20~40nm），以获得高分辨率的图像。耶拿大学研究团队的数据显示，20~40nm 的波长仅仅是 X 射线波长范围内很小的一部分。



研究人员已在大型研究装置中演示了使用 XUV 的 OCT。他们发现了一种将其应用于更小范围的潜在方法：使用超短波的强红外激光。该种激光可以在惰性气体（如氩气或氖气）中聚焦。

用于实验室规模 XUV 的高次谐波发生（HHG）源的宽频光子通量能够被有效利用，以实现 24nm 的深度分辨率以及优良的材料对比性。研究人员使用一种新型三阶一维相位检索算法，以避免使用 XUV 时对光学元件的要求过高，并抑制了由基本几何形状形成的假象。此外，研究人员还通过使用反射镜记录图像，对半导体样品进行了分析。

该方法的优点在于辐射与样品能够产生强烈的相互作用，以获得高对比度、清晰的图像。研究人员已通过非破坏性方式获得了硅芯片的三维图像，因此能够将基底与其他材料的结构清晰地分开。若将该方法用于生物学研究，研究细胞时将不再需要对样品染色，这也是研究人员的目标之一。

目前的可用光源可以实现 24nm 的深度分辨率。虽然这足以获得较小结构的图像，如半导体结构，但未来芯片的尺寸会更小。但是使用全新的甚至功率更大的激光器，则可能实现高达 3nm 的深度分辨率。研究团队的长期目标为开发出经济且用户友好的设备，将激光器与显微镜相结合，为半导体行业以及生物实验室提供一种能轻松使用的成像技术。❑

II-VI INFRARED

CO_2 激光镜片
- 聚焦镜
- 反射镜
- 扫描激光系统



红外光学材料
- 硒化锌
- 硫化锌
- 硫化锌多光谱



光纤激光镜片



II-VI HIGHYAG

8KW可调光斑切割头



激光焊接头



光纤光缆



贰陆红外激光（苏州）有限公司

电话：+86-400-858-1126　传真：+86-512-6767-1207

电邮：infosz@ii-vi.com.cn　网址：http://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

太赫兹成像

太赫兹成像用于太阳能电池和半导体工艺检测

用光纤耦合的集成组件替代自由空间光学元件，可以使模块化太赫兹时域成像系统在太阳能和半导体晶圆分析方面发挥优异的作用。

文/Michael Nagel，Simon Sawallich，Björn Globisch

在过去的十年中，用于太赫兹光谱和成像的光电子系统已经显著成熟。这一趋势的一个重要驱动因素是电信领域对集成光学技术的使用越来越多，从而实现了紧凑的高性能时域光谱（TDS）系统的构建。

在现代太赫兹 TDS 系统中，光纤耦合的集成组件已经完全取代了分布式自由空间光束光学元件。这不仅意味着在空间要求方面的优势，而且还有助于将太赫兹测量能力集成到用于科学和工业应用的不同种类的系统环境中。具体来说，晶圆分析系统可以使用太赫兹微探针进行高分辨率近场成像。

德国 Toptica Photonics 公司的 TeraFlash 系统，是一款基于光纤的太赫兹 TDS 模块，其具备高度的光学和电子集成水平。[1,2] 几乎每个组件，包括飞秒脉冲激光器、光学时间延迟组件，以及数据采集和控制单元，都安装在一个 19 英寸的机架式安装盒中。外部组件只有两个光纤耦合光电导（PC）天线，用于通过 TDS 模块的光学激发产生和探测太赫兹辐射。

商用集成

外部太赫兹天线组件和 TDS 系统之间的光纤 / 光缆连接，将太赫兹测试带入新的应用环境，这得益于小的占地空间和免受射频（RF）信号干扰的自由。

我们的太赫兹系统工作在 1550nm，将 Toptica 的 TDS 模块与我们的 PC 近场探头组合在一起，使光纤中的信号色散最小化，并将光学采样脉冲的脉宽保持在 100fs 以下。所产生的太赫兹系统可以在仅仅 20ms 内，记录完整的太赫兹时域瞬态，这对于需要许多序列太赫兹测量的应用而言是一项巨大优势，例如在线质量检测，非破坏性测试和基于光栅扫描的太赫兹（近场）成像。

在样品的自由空间传输测量的标准配置中，发射天线产生的太赫兹辐射被准直并聚焦到远场探测器天线；与这种情况相反，我们基于光纤的太赫兹 TDS 系统组合了 TeraFlash 光源模块与 Protemics 公司的 TeraCube 近场扫描系统，包括用于太赫兹探测和成像的 PC 近场探头（Protemics 公司的 TeraSpike TD-800-X-HR-WT）（见图 1）。[3]

计算机单元控制 TDS 模块以及近场成像系统。在测量期间，光栅扫描系统的运动控制单元将样品的当前位置连续发送到数据采集单元，在该数据采集单元中与在每个位置处记录的太赫兹数据相组合。TDS 模块的高

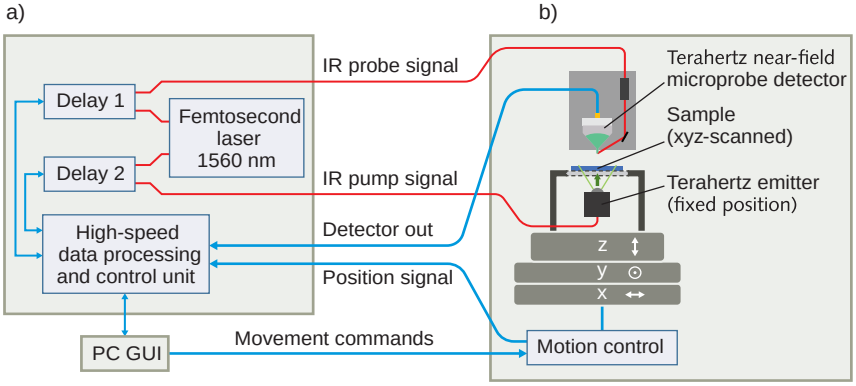


图 1：光学时域光谱单元（a）产生超快泵浦/探测信号，而近场扫描器单元（b）包括太赫兹发射器和近场探测器组件，以及用于高分辨率场绘图的移动平台；被测样品或器件加载到近场扫描器单元。

采样率使得能够在连续移动（无停止启动中断）下进行表面扫描操作，用于全太赫兹瞬态探测。

PC 近场探针包括 1μm 薄的低温生长砷化镓（GaAs）悬臂，具有一对锥形电极，在探针的尖端形成 PC 开关。它记录接近样品表面的透射太赫兹场。与采用电光晶体作为近场探针相比，其特征在于较低的侵入性和较高的灵敏度。

基于散射针尖的探针只能记录 z 场，而基于孔径的探针只能记录水平（x，y）场。相比之下，我们的 PC 近场探测器设计为对 x，y 或 z 方向的场矢量分量选择性敏感。

科学应用

当在被测样品表面上方悬浮仅几微米时，最大空间分辨率为 3~10μm，借助 Protemics 公司的太赫兹成像仪，已经在工业和科学领域实现了新的应用可能。

在科学领域，例如荷兰 FOM 基础能源研究所（DIFFER）的研究人员发现，远场距离观测到的超材料的共振频率，可能与近场范围内监测的共振频率有显著差异。[4] 他们的研究显示在距离 1μm 处为 0.62THz，而在远场距离（约 24cm）为 0.85THz。

对于这种结构的未来传感应用，直接访问确定传感器 / 分析物相互作用特性的近场属性是非常重要的。此外，紧密间隔的共振结构之间的耦合机制（引起电磁感应透明度增大），可以在相互作用结构下直接进行监测。[5] 在一个实例中，证明了超材料中的电磁感应透明度可以提高到绝对值大于 80%，这是通过将周期性超材料的长距离耦合态，调谐到所涉及的超分子的各个谐振频率来实现的。

工业晶圆分析

除了科学应用外，太赫兹成像系统在工业分析领域的应用也越来越多。例如，通过应用分析模型描述，可以从所传输的太赫兹信号中检索诸如薄层电阻值（Rsh）等材料性质的无接触测量，以及半导体晶圆和太阳能电池的其他电荷载流子相关的属性。例如，Tinkham 公式通常用于在半隔离衬底上的薄（<10μm）导电层获得的太赫兹透射数据，来提取薄层电阻。[6]



业纳超快激光器实现微加工的最高精度

共享卓越

业纳公司飞秒和皮秒激光器广泛应用于超快激光应用领域。这些激光器具备优良的激光参数、工业应用证明的性能表现和可靠性，是各种高精度冷加工的理想工具，比如钻孔、切割或雕刻。作为世界领先的工业激光供应商，业纳公司是您可靠的合作伙伴，帮助您面对未来的挑战。

业纳提供最精准的微加工技术。

laser.sales@jenoptik.com | www.jenoptik.com/solidstatelasers

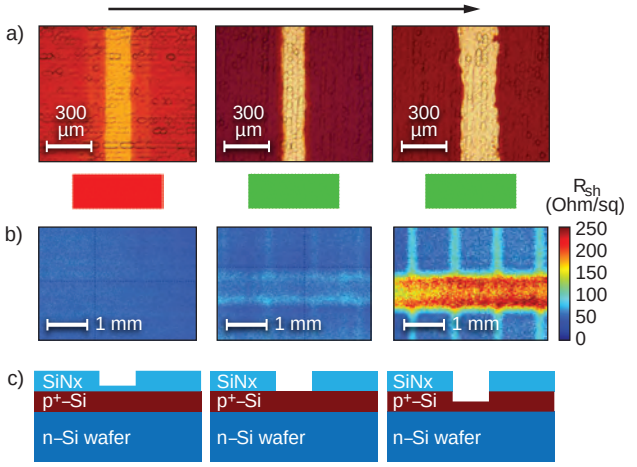


图2：蚀刻膏在三种不同的固化温度（220℃、250℃和375℃）下，在局部SiNx去除（“打开”）之后样品的光学显微镜图像（a）和太赫兹图（b）。示意图显示出了在相应固化温度下的蚀刻横截面（c）。

到目前为止，在整个晶圆级区域，具有高达微米级分辨率的层电阻分布的无接触测量是不可能的。然而，需要这样的能力，通过在生产的早期阶段直接检测，而不是之后对完全处理的电池系列进行繁琐的测试，来有效优化太阳能电池上微结构的制造工艺。

在一个例子中，通过蚀刻 - 浆料诱导的氮化硅（SiNx）层去除、形成高效率电池触点，引起了人们的广泛兴趣。[7] 在这里，使用蚀刻膏来打开 SiNx。为了找到最佳的蚀刻终点，通过太赫兹近场透射成像，根据粘料的固化温度来监测 SiNx 的打开。目的是完全去除 SiNx 层，并使触点以下的扩散层几乎完全不受层电阻的影响。虽然视觉控制可以提供关于 SiNx 去除过程的完整性信息，但是它不能提供关于扩散层余下质量的信息。

然而，太赫兹透射图像可以清楚地显示 SiNx 的打开何时完成，并且扩散层的蚀刻已经开始。甚至可以探测到小的（仍然可以接受的）由过度蚀刻引起的对 p+ 扩散层的损伤，这通过视觉控制或其他非接触 Rsh 成像方法是无法辨识的，后者是由于分辨率的限制（见图 2）。更重要的是，太赫兹扫描方法不受介电层表面形貌的影响，而只受其下方扩散层的影响。现在，使用 Protemics 公司的模块化太赫兹成像系统，可以在非常早的阶段就可靠地发现蚀刻过程的最佳结束点。

与工业相关的另一项重要应用是：毫米和亚毫米装置的近场表征和质量控制，包括振荡器、相控阵发射器和光子集成电路（PIC）。作为被测器件（DUT）的光子太赫兹发射芯片的表征在没有接触的情况下实现，并具有皮秒时间分辨率，这是通过监测封装的 DUT 内产生的强太赫兹脉冲实现的（见图 3）。

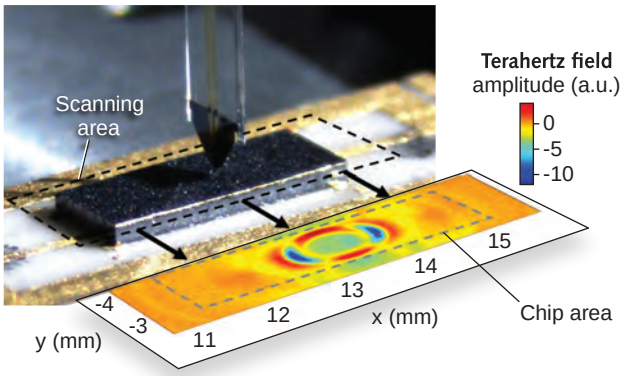


图3：照片显示扫描近场微探针下的被测器件（DUT），以及在具有1.5×4.0mm² 尺寸的太赫兹发射器芯片表面上传播的太赫兹脉冲的示例性快照图像。芯片的边缘高亮显示为虚线。太赫兹脉冲被很好地解析为从其在芯片中心的源点向边缘传播的球面波；装置失效或缺陷将作为散射中心出现。该图像所示的测量的横向分辨率/步长为20μm，并且尖端到装置的距离约为40μm。在20分钟内总共记录了25000个太赫兹脉冲轨迹，以记录超快近场发射的高分辨率影像。

近场测量数据揭示了沿着 DUT 表面发射和传播的太赫兹波，允许识别和定位器件失效，例如传播太赫兹脉冲的散射中心，具有几微米的横向分辨率。

为了识别这些散射中心，监测在芯片中心的飞秒激光脉冲所产生的太赫兹波，以及以球面波朝着边缘的传播。当传播脉冲的一部分碰到芯片的边缘时，太赫兹波被反射，产生清晰的干涉图案（见图 3）。请注意整个过程发生在 40ps 内，图像的横向分辨率为 20μm。

新一代太赫兹时域光谱模块具有在各种系统环境中（例如在我们的近场成像系统中）实施的最佳先决条件。与应用特定的太赫兹器件（如微米级分辨率探针）以及任务导向的数据分析相结合，太赫兹成像传感器将成为太阳能和半导体晶圆组件的无接触质量检测和非破坏性测试中越来越重要的工具。❑

参考文献

1. See https://goo.gl/6FvPCW.
2. N. Vieweg et al., J. Infrared Millim. THz Waves, 35, 10, 823–832 (Oct. 2014).
3. See https://goo.gl/pgj4gN.
4. A. Bhattacharya et al., Phys. Rev. B, 93, 035438 (2016).
5. A. Halpin et al., Phys. Rev. B, 96, 085110 (2017).
6. P. Spinelli et al., Energy Procedia, 92, 218–224 (2016).
7. P. Spinelli et al., "High resolution THz scanning for optimization of dielectric layer opening process on doped Si surfaces," IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), Washington, DC (2017).

紫外荧光激发

新型 320nm 紫外激光源增强流式细胞术

320nm激光源使高维流式细胞术更容易、更经济，这将为更好的生物医学分析仪器贡献力量。

文/William Telford，Lynn Strickland，Marco Koschorreck

流式细胞术是生物医学科学中的基础技术，其中使用激光激发附着于细胞的分子荧光标记，并使用光电倍增管（PMT）和其他光感测技术进行探测（见图 1）。细胞以流体动力学聚焦的液体流引入激光束。

一些流式细胞仪仅分析附着在细胞表面或内部的荧光标记。在荧光激活细胞分选器（FACS）中，液流被分解成液滴，液滴被蓄以静电并转移到收集管中。细胞分选允许基于荧光标记分离和收集细胞，允许收集的细胞用于功能研究、蛋白质组学和基因组分析。

流式细胞术一直是扩大人类对免疫系统、癌症生物学和传染病的理解的关键工具。该技术用到的标记细胞的荧光探针，可以鉴定复杂混合物中的各种细胞类型，以及单细胞的物理和生理特征。

流式细胞术的激光背景

流式细胞术绝对依赖于激光技术来激发这些荧光标签。[1] 最早的流式细胞仪采用单个激光器（当时通常是大型水冷离子激光器）激发最多一个或两个荧光探针，包括常见的荧光染料如荧光素和罗丹明。现代流式细胞仪目前使用固体激光器，其波长跨越从紫外（~355nm）到远红光（~700nm）的整个可见光谱。

先进的细胞仪可以配备多达 10 种不同的单波长激光器，可激发出具有不同激发 / 发射特性的非常多的荧光探针。尽管早期的仪器只能激发和检测一个或两个探针，但是现在已经可以在先进仪器上同时探测 30 个或更多的荧光探针。这种高维分析已将人类对免疫系统的认知扩展到了前所未有的水平。

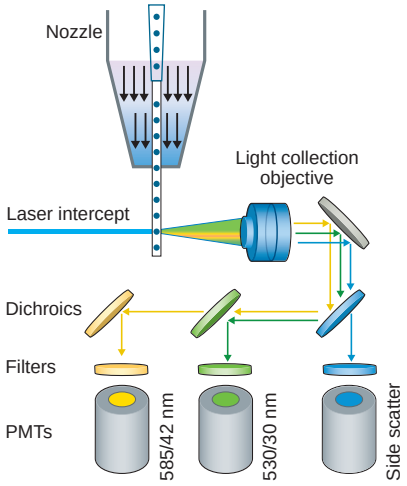
现代流式细胞仪使用许多激光波长和相应的荧光探针，以同时分析 20 个或更多的细胞特征。先进仪器通常将配备青光激光器（488nm）、红光激光二极管（~640 nm）和绿光、黄绿光或黄光二极管泵浦固体（DPSS）激光器（532nm、552nm 或 561nm）。这些激光器都激发各种荧光染料（见图 2）。

紫光激光二极管是随着 BD Sirigen 公司的 Brilliant Violet（BV）聚合物染料发展起来的重要激发源。[2]

图1：基本流式细胞仪的操作示意图。通过流体动力学聚焦的液体流，将细胞通过喷嘴或封闭石英流动池引入激光束中。信号收集光学元件收集激发的荧光信号，使用二向色镜和窄带通滤光片转向PMT。现代仪器可以利用光纤光学进行激光传输和信号采集。

BD Sirigen 公司提供的七种 BV 染料（BV421、BV480、BV570、BV605、BV650 和 BV787）光谱兼容，显著增加可以分析的同时进行细胞标记的数量。紫外（UV）激光器在流式细胞术中已经取得了新的重要性，BD Sirigen 公司最近开发了六种 Brilliant Ultraviolet 紫外染料（BUV395、VUV496、BUV563、BUV661、BUV737 和 BUV805），将同时进行荧光分析的总数增加到近 30 个。紫外激光现在是先进流式细胞术仪器的关键组成部分。

现代流式细胞仪主要依靠三倍频掺钕钒酸盐（Nd：YVO_4）的 355nm 固体激光器来激发 BUV 和其他紫外激发染料。这些激光器相对于以前提



供 UV 激发的氩离子和氪离子激光器而言，有了相当大的改进，因为它们体积更小，并且更容易维护。然而，这些激光源仍然价格昂贵，通常是更高端仪器中成本最高的部件。

较低成本的近紫外激光二极管（375nm）可用于替代许多 UV 激发染料（包括 BUV）的 355nm 光源。[3] 然而，它们的波长非常接近系列中最短的 BUV395 的发射范围，使其难以探测。因此需要更便宜的固体紫外激光源，来降低高维流式细胞术的成本。

紧凑型320 nm激光模块

随着近来德国 LASOS 公司开发的小型空冷单元连续波（CW）发射小型固体 320nm 激光模块的发展，这种情况已经得到改变。历史上流式细胞仪配备过氦镉（HeCd）激光器，利用其 325nm 激光束激发紫外染料。然而，HeCd 激光器体积庞大，但功能却不强大，并且随着年限的增加会出现噪声问题。320nm 光源的波长与该传统波长非常接近，并且基于激发光谱预测、能够更好地激发 BUV 染料。

为了测试这种激光波长和光源是否适用于流式细胞术，将一个模块安装在 BD LSR II 流式细胞仪上，代替常规的 355nm 紫外激光源（见图 3a）。[4] 然后将激光对准到用于将细胞注入激光路径的液体流中。最初为 355nm 激光源配置的仪器的光学元件，在 320nm 时依然有效，其中宽带 UV 镜用于将激光转向样品流，熔融石英透镜用于聚焦光束。

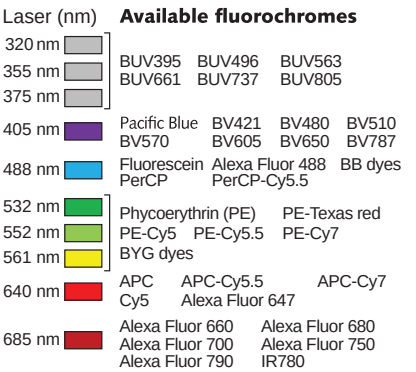


图2：流式细胞术中使用的荧光探针与激发所需的激光波长配对的抽样展示。这些探针中的大多数是光谱兼容的，可以在具有足够多激光波长的仪器上同时使用。（Brilliant Blue [BB]，Brilliant Yellow Green [BYG]，Brilliant Violet [BV]和Brilliant Ultraviolet [BUV]染料是BD Sirigen公司的注册商标；Pacific Blue，Alexa Fluor 647和Alexa Fluor 790是赛默飞世尔科技的注册商标。）

流式细胞术使用荧光染料标记的聚合物微球作为模拟样品，以确定仪器操作是否最佳，并测试新的激光源。实验还分析了暗淡和明亮的紫外激发微球（InSpeck Blue 微球）混合物，因为最暗淡种类的分辨率是良好的激发和探测的指标。这些微球，包括最暗淡的种类，可以很容易地用这个激光源解析（见图 3b）。灵敏度与等效功率水平的 355nm 激光器相似。然后使用与 BUV563 和 BUV661（两种 BUV 染料）偶合的抗体，将小鼠脾细胞标记为细胞表面标志物。320nm 模块激发这些样品几乎与 355nm 光源同样好（见图 3c 和 3d）。

因此，LASOS 320nm 激光源被证明是流式细胞术中 355nm 激发的良好替代品。这些模块比大多数 355nm 光源更小，并且成本更低，是高维流式细胞术的颇具成本效益的理想选择。在这个范围内和整个可见光谱范围内的小型固体激光源，已经彻底改变了流式细胞术，减少了现代仪器的尺寸、成本和维护需求。这是技术发展中的一项令人鼓舞的趋势，并将继续为更好的生物医学分析仪器做出贡献。❑

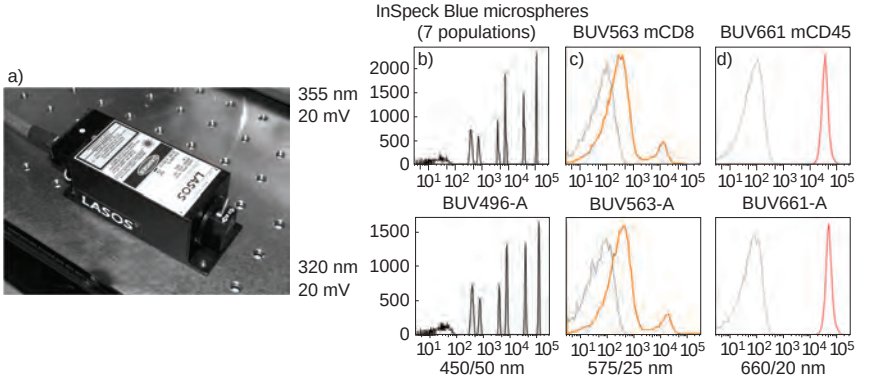


图3：体积紧凑的LASOS 320 nm激光模块（a）。用20mW的320nm（上图）或355nm（下图）激光源分析InSpeck Blue微球混合物（7种）（b）。以20mW的320 nm（上图）或355nm（下图）激光源分析用BUV563或BUV661标记的小鼠脾细胞（c和d）。彩色线表示标记的细胞，灰色线表示未标记的对照组。用于InSpeck Blue微球BUV563BU和BUV661标记细胞的带通滤光片的光谱曲线在直方图中给出。

参考文献

1. W. G. Telford, Methods Cell Biol., 102, 375–410 (2011); doi:10.1016/b978-0-12-374912-3.00015-8.
2. P. K. Chattopadhyay et al., Cytometry A, 81, 456–466 (2012).
3. W. G. Telford, Cytometry A, 87, 1127–1137 (2015).
4. W. G. Telford, L. Strickland, and M. Koschorreck, Cytometry A, 91, 314–325 (2017).

CASTECH®
福晶科技

SPIE. PHOTONICS WEST

PHOTONICS WEST 2018
展位号：南馆 #1847
参展时间：2017.1.30-2.1

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

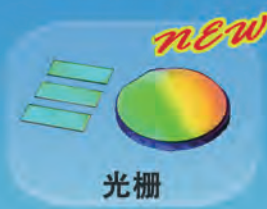
激光器件

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

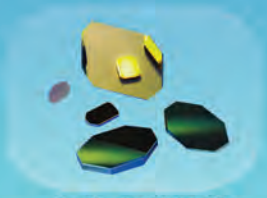

BBO



光栅



CLBO


红外光学元件



TGG/TSAG


高功率光隔离器


Nd:YVO_4


扫描场镜



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

光束分析

在应用中进行实时大功率激光光束质量分析

一种实用型高功率激光实时测量方法，测量在激光焦点上进行，进一步发展创新的光束采样，可以实时精确测量50~100kW的激光功率。

文/毛玉林，顶尖科仪（中国）股份有限公司

先进的制造技术和更快更准确的控制工序，使大功率激光器成为新的金属焊接和切割应用的有力工具。由于激光焊接和切割技术具有高效率和低成本的特点，目前激光焊接和切割技术正逐渐取代传统的焊接和切割技术。

然而，为了满足高精度、高质量的应用，尤其是在自动化领域，激光器作为高质量、高效率加工工具在逐年增加。同样，由于激光焊接和切割是非接触工艺，所以不存在金属形变的问题。

光束空间特性

在激光加工领域，光束横截面功率密度分布是一个很重要的参数，它决定着整个加工系统的性能。激光沿着传播路径，在不同的空间位置具有不同的光斑直径和功率密度，这一特性是由激光器的谐振腔、发散角、光学元件的相互作用以及驱动电源的特性决定的。虽然现有的理论能够准确地预测激光在实际工程中的传播特性，但是对于研究人员、系统工程师和激光厂商而言，能够精确测量激光器的空间传输特性是至关重要的。

好的光束质量和高连续功率，赋予了光纤激光器深穿透焊接以及优越的金属切割能力。为了满足低强度热焊接，可以将这些连续激光器调制成具有高峰值功率和低平均功率的脉冲激光器。光纤传输灵活方便，更容易集成到焊接头、振头、机器人和遥控焊接系统中。无论采用何种光束传输，光纤激光器都表现出优异的性能，并且能够实时测量在焦点处的光束轮廓。

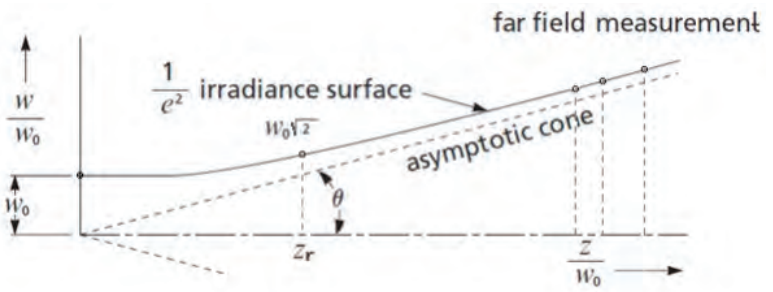


图1：激光沿Z轴在不同位置的光束轮廓测量。

激光材料加工对光束特性极其敏感，最终与光束质量密切相关。激光切割和烧蚀特性取决于光斑直径及其周围的衍射环或基座。在激光焊接中，焊缝的特性取决于材料的种类、光束的功率密度和稳定性、景深等。此外，热透镜效应直接影响光束质量和稳定性。

为了进一步理解大功率光束剖面的复杂性，下面将介绍激光焊接和激光切割两大主要应用的特性。

激光焊接

有许多焊接方法，但我们更关注于这种焊缝之间使用填充材料的沉积焊接。沉积焊接也是一种有用的表面精密加工工艺，同样也可以修复或者修改现有部件。在自动沉积焊接中，机器将填充材料输送到焊接区域，此区域经过焊接，然后冷却，金属层将固化并可机械加工。

图 2 显示了典型的沉积焊接头，由于保护玻璃与光斑位置之间的工作距离有限，所以直接在其机械外壳中测量激光束是非常困难的。此外，填

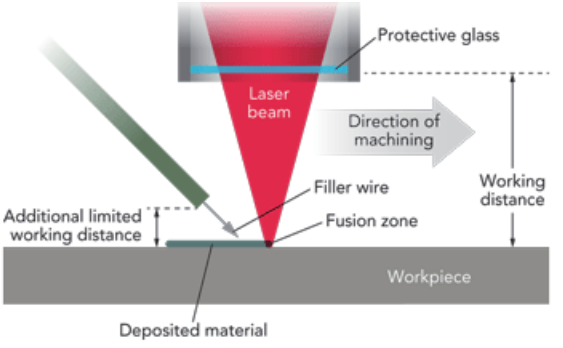


图2：激光焊接原理图。

充导轨也需要伸入到激光头和工件之间的自由空间，所以也进一步限制了工作距离。

激光焊接的原理：聚焦激光光束照射到填充丝线上，将丝线形状的材料加热到熔点，并将其和要焊接或者填充的表面融合。一旦它完成焊接或者填充工件时，通过将激光头沿着预定的焊接轮廓移动来继续这个过程。激光光束沿着零件轮廓移动，熔化填充材料并焊接，然后继续移动。

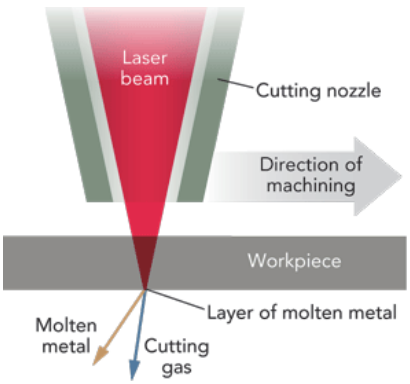


图3：激光切割原理图。

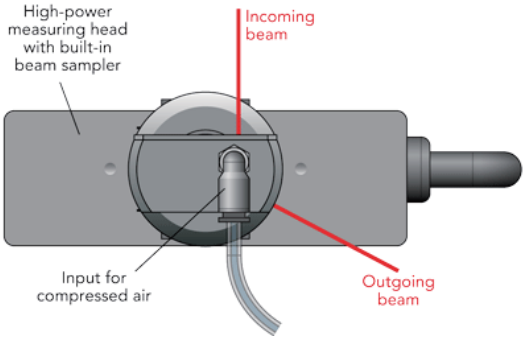


图4：一种表征高功率光束传输特性的设备。

激光切割

切割是激光在材料加工中最大的应用之一。波长、功率、光束质量和光斑尺寸是决定切削动力学的一些主要参数。在应用方面，脉冲激光器用于薄型金属和有色金属的细刻磨。而连续激光器用于切割各种各样的厚材料。掺镱光纤激光器非常适合于激光切割。

激光切割原理：图 3 展示了聚焦的激光束照射到工件上，加热材料到熔化甚至汽化的切削过程。一旦完成工件一处位置的切削，激光束将沿着零件轮廓进行下一处切削过程。

光纤激光器为大多数应用提供了如下特征：红外波段 950~1070nm，千瓦级功率、光束质量好、工作功率范围宽、功率稳定、光斑尺寸小。从薄如纸张的半导体芯片到 30mm 厚的钢板，都可以用光纤激光器实现微米精度级的切割缝。

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)

初步结论

必须对高功率连续或脉冲光纤传输的激光系统的性能进行评估。对于功率不低于 4kW 的激光器，测量激光参数是一项艰巨的任务。为了达到最佳加工效果，测量激光参数应定期在不同的工作环境下进行，最好是在生产线上进行测量。测量的主要参数有：总输出功率及其稳定性、光束大小及其强度分布、光束指向稳定性和总位置精度。测量应迅速将数据传输到激光控制计算机上，进行在线校正。

在当今的制造过程中，上述任何参数的测量都没有一个统一的标准。大多数测量设备都不适用于工业环境，特别是需要在线测量的情况。即使是最基本的激光参数——光功率的测量设备是标准的，但是它们的响应时间和安装方式对于快速或在线测量也是不适用的。

大多数测量设备在工业环境中也不适合测量高功率激光器，这些设备不允许在满功率情况下测量，尤其是不能在焦点处。最近发展的非偏振光束取样装置解决了大多数障碍，能够实时测量光束参数。图 4 中给出了一种利用仪器表征高功率光束传输的实用测量方法。

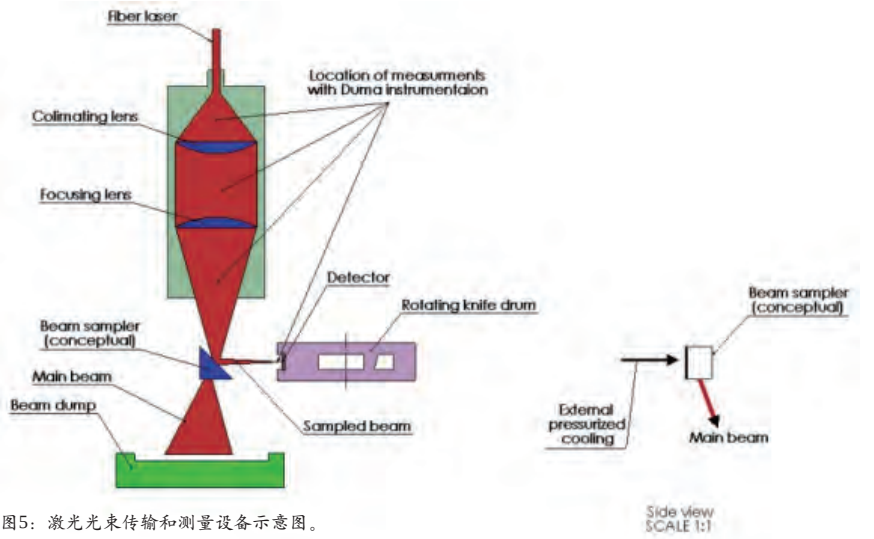


图5：激光光束传输和测量设备示意图。

测量原理

图 5 是激光光束传输和测量设备示意图，聚焦激光束入射到光束采样器的输入孔内，通过反射光束取样后，其功率大大降低。第二反射进一步降低光束功率并恢复原来的光束偏振状态。此外，双倍取样光束到达探测器 - 激光光束分析仪。在该应用中，使用由 Duma Optronics 生产的刀口法光束质量分析仪。对于连续高功率测量，鉴于其在功率和多个光束轮廓测量的准确性，这将是首选的测量装置。当需要额外的功率衰减时，由于特殊的衰减系统，光束不会失真。通常，大部分光束经取样装置后发出，采样率约为主光束功率的 0.1%。

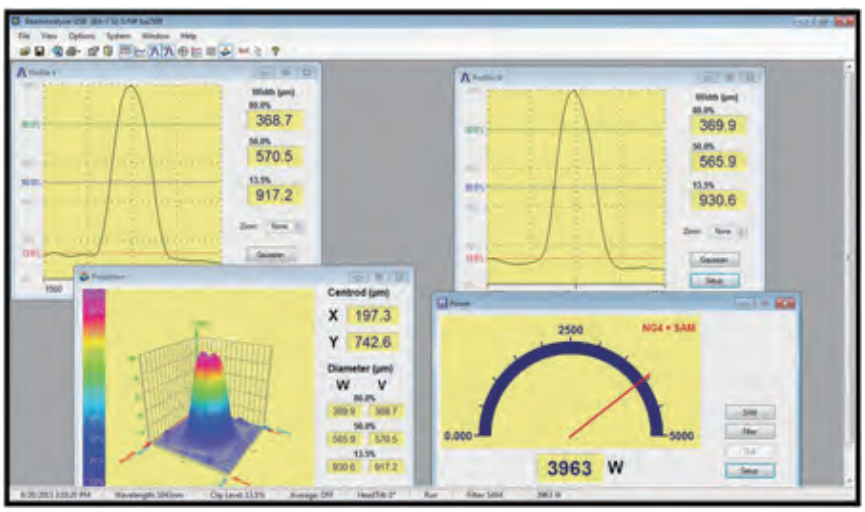


图6：4kW激光的典型测量结果图。

结果

图 6 是 4kW 激光的典型测量结果，经取样光束器输出的光功率为 3963W，可以看到相互垂直方向的两个光斑大小分别为 565.9µm 和 570.9µm（功率密度 50%）以及光束轮廓的 3D 成像。

从测量结果可以看出几个有趣的特点：

- 5Hz 数据更新速率（功率和光束轮廓实时测量）。
- 功率升高过程中，光束轮廓和位置非常稳定。
- 有效功率（加工主瓣）占总功率的 50%。

小结

这是一种实用型的高功率激光实时测量方法，测量是在激光的焦点上进行的，进一步发展创新的光束采样可以实时精确测量 50~100kW 的激光功率。❑

激光切割

光纤激光切割机在不锈钢厨具及钣金行业的应用

文/纪汉龙，济南耐刻机械设备有限公司

随着厨具钣金行业的稳定发展、环保大环境对等离子切割设备淘汰进度的加快、以及国内光纤激光器的成熟与价格下调，光纤激光切割机在薄板切割领域的使用量正呈现出井喷状增长态势，这也导致激光切割机的发展进入了一个价格竞争炽热的阶段。在这样的一个大环境背景下，用户该如何选择能满足自身需求的激光切割机呢？以下几点，供用户参考。

激光器功率段的选择

表 1 和表 2 分别给出了不锈钢和碳钢的一组切割参数，供读者参考（注：均是在气压理想状态下的切割参数）。

不难发现，随着功率的增加，厚度为 2mm 以内的不锈钢的切割速度有明显的增加；对于不锈钢厨具来说，增大功率可以很有效地提升效率（当然价格也会明显升高）。对于厚度 2mm 以上的板材，增加切割功率，切割速度的提升并不很明显，但是切割能力确实有增强。因此，对于不锈钢厨具切割应用而言，可以选择大功率激光切割机来实现效率的提升。



通常，钣金加工行业的板材选择

表1：不锈钢的一组切割参数。

功率(W) / 速度(m/mim) / 厚度(mm)	300W	500W	750W	1000W	1200W	1500W
0.5	>12	>18	>21	>24		
1	5.4~7.2	8.4~12	12~18	17~21	24	25
2	0.96~1.2	1.8~2.4	3.6~4.2	5.4~7.2	6	7
3		0.84~1.2	1.2~1.8	2.1~3	2.8	4
4			0.78~1.2	0.8~1.5	1.8	2
5				0.6~0.9	0.8	1.3
6						0.7

表2：碳钢的一组切割参数。

功率(W) / 速度(m/mim) / 厚度(mm)	300W	500W	750W	1000W	1200W	1500W
1	7.2~9	8.4~12	12~18	15~18	18	25
2	2.1~2.7	3~4.2	4.2~5.4	5.1~6	6.6	
3	0.9~1.1	1.5~2.1	3~3.9	3.5~4.2	4.5	4
4		1.2~1.5	1.8~2.4	2.3~2.7	2	
5		0.9~1.2	1.2~1.8	1.7~2.1	2	
6		0.72~0.96	0.9~1.2	1.2~1.8	1.8	1.6
8			0.72~1.84	0.9~1.1	1.3	1.2
10			0.6	0.6~0.72	0.9	1
12					0.6	0.8
14						0.6
16						0.5

不会超过 5mm，通过对比表格数据可以看出，功率的增加可以提高切割能力，但提升幅度随着板材厚度的增加明显变小。

用户在选择激光器功率时，应根据实际应用选择合适的功率，而不要盲目跟风。

机床配置的选择

激光切割设备对于机床的要求比较高，不管是焊接的还是铸造的，都需要做好床体的时效处理，保证床体的稳定。

济南耐刻机械设备有限公司最新款的床身设计，既做了精简，又增加了支撑点，保证了对床体的高要求（如图 1）。

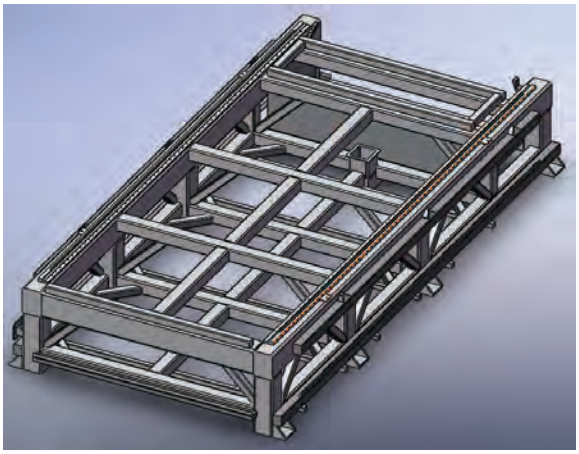


图1：多支撑点床身。

该款最新设计并测试的床身，整体强度好，能实现良好的变形量控制，目前该款结构已经进入批量生产状态。

在这款床身的设计初期，就进行了各种材质变形量的数据分析、工艺结构的数据分析、加工工艺的数据分析，以及批量操作的数据分析做了全方位的数据统计和测试分析，充分保证了机床的性能，同时提升了机床的性价比。

系统和伺服的选择

为了更贴近实际情况，济南耐刻机械设备有限公司和上海奈凯公司合作，打包使用的控制系统和伺服电机工控系统，完美体现国产伺服的响应。在保证性价比的情况下，更贴近于客户的实际追求。其完美的电容曲线监控，可媲美松下的伺服电机。完美的电机响应曲线，是实现高效切割的保证；同时交换平台的使用，极大地提升了实际生产过程中的人员节省和效率提升。❑

我们专注半导体激光器
We Focus on Diode Lasers

BWT BEIJING
北京凯普林光电

千瓦级 直接应用半导体激光器子系统

主要特性：
- 波长 915nm、940nm、976nm
- 输出功率 1000W/ 2000W/ 3000W
- 光纤芯径 300μm、400μm、600μm可选
- 数值孔径 0.22N.A.
- QBH输出
- 红光指示光

应用领域：
- 金属焊接
- 材料处理



北京凯普林光电科技股份有限公司
地址：北京市丰台科技园区航丰路甲四号
http://www.bwt-bj.com

产品与技术咨询：
电话：010-83681053
邮箱：sales@bwt-bj.com

可调谐激光器

碳纳米管实现 2μm 超快激光器创记录的波长调谐

南京大学的研究人员使用碳基纳米材料，利用紧凑和低成本的2μm激光振荡器，实现了创记录的波长调谐范围。

文/Gail Overton

该锁模激光器是许多科学和工程领域的关键工具，如光纤通信、计量、生物成像和固态物理研究。在超快光纤激光器的众多优点中（峰值功率、脉冲能量和脉冲持续时间），波长可调谐性非常具有吸引力，因为它可以为频率梳产生、分子吸收线探测和时间分辨光谱的最终用户提供很大程度的应用灵活性。

然而，由于常见增益材料和可饱和吸收体的有限带宽，锁模激光器通常只有相当窄的调谐范围。但是钛蓝宝石激光器是个例外，它是目前超快科学中的主力，尽管这些激光器通常工作于 1μm 或 1μm 以下的波长。为了获得超过 1μm 的波长调谐能力，非线性波长转换器件如光参量振荡器（OPO）或光参量放大器（OPA），用于商业钛宝石激光器的标准扩展，但其相对较大的体积及其维护所需的繁琐要求，已经明显限制了其在现场部署应用中的适用性。

碳基调谐

在过去十年间，2μm 左右宽发射带宽的增益材料已经快速成熟。最近，南京大学的研究人员使用非线性狄拉克半金属展示了中波红外（3~6μm）下运行的激光器；目前他们正在使用碳基纳米材料，利用紧凑和低成本的 2μm 激光振荡器，实现创记录的调谐范围。[1] 具体来说，研究人员开发的基于碳纳米管（CNT）的铥 / 钬（Tm / Ho）光纤激光器，可以在 1860~2060nm 的 200nm 范围内连续可调谐。根据他们的了解，这是被动锁模光纤激光振荡器所实现的最宽的调谐范围。

南京大学教授王枫秋介绍说：“目前，对于在长波长范围内寻找波长调谐解决方案的人们来说，根本没有太多的选择。碳材料似乎与这些 2μm 宽带增益材料很好的匹配。它们可能能够发挥克尔透镜几十年前在钛宝石激光器中所发挥的关键作用。”

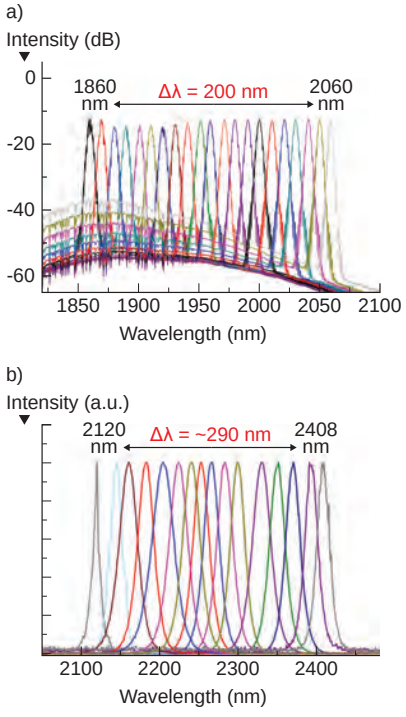


图1：图中显示了可调谐碳纳米管锁模铥光纤激光器的光谱（a）和可调谐石墨烯可饱和吸收体锁模 Cr：ZnS激光器的光谱（b）。

通过将 CNT 可饱和吸收体与自制的光栅镜组合，在皮秒掺铥光纤激光器中实现了 200nm 的调谐范围。首先，使用溶液处理和拉曼光谱法制造厚度为 20μm 的 CNT 薄膜。碳纳米管的直径分布为 1.3~1.6nm，该尺寸在掺 Tm^{3+} 光纤的增益区域中呈现较高的吸收，有助于保持良好的调制深度。

在实验装置中，通过掺铒光纤放大器（EDFA）将 1560nm、10mW 激光二极管的输出放大到 1W，然后通过波分复用器（WDM）输入到 2m 长、数值孔径（NA）0.16、9μm 芯径的 Tm/Ho 共掺光纤中，使用光纤准直器和 600 线 /mm 的自由空间衍射光栅实现波长调谐。在 WDM 第二个臂的 CNT 可饱和吸收体，实现锁模过程和 200nm 的调谐范围，并且对于所得到的脉冲具有令人印象深刻的 60dB 边带抑制比，以及在 36 小时连续波调谐中 1% 的功率波动。

在另外的实验中，使用石墨烯来演示掺铬硫化锌（Cr：ZnS）固态激

下转第32页

太赫兹成像

太赫兹成像在农业和工业领域寻求新应用

尽管在癌症和安检应用方面失去了牵引力，但太赫兹成像仍然瞄准可能最终惠及太赫兹设备供应商的几种农业和工业应用。

文/Viacheslav M. Muravev，Gombo E. Tsydynzhapov，Igor V. Kukushkin，Ian Mcnee，Vladimir G. Kozlov

工作在 0.1~3.0THz 频段、对应于 3.0~0.1mm 波长范围的太赫兹源，在 20 世纪 70 年代获得了首次发展。这些当时被称为反向波振荡器（BWO）的真空电子器件，在 0.1~0.3THz 下产生了高达 100mW 的功率，并在更高频率下产生了高达 1mW 的功率。现在，虽然上世纪 90 年代开发的更紧凑和可靠的固态太赫兹电子设备能提供类似的性能，但是要达到更高的功率水平仍然是一项挑战。

基于超快激光器产生太赫兹波的时域太赫兹技术的发展，在上世纪 90 年代创造了关于太赫兹成像潜力的第二轮热潮。通过这种方法产生皮肤癌图像，使人们对太赫兹技术在医疗领域的应用抱有很高的期望，但是进展一直缓慢，这是由于水对太赫兹波的强烈吸收，将其在组织中的穿透深度限制在最多 1mm。并且时域太赫兹成像需要对样品进行光栅扫描，因为每次采集一个像素的数据，这对实时诊断而言也是一项挑战。

2005 年左右，由加拿大 INO 公司和日本 NEC 公司开发的微测辐射热计探测器阵列实现的视频速率太赫兹成像，引发了太赫兹成像技术的又一波热潮。太赫兹微测辐射热计相机利用为中红外（mid-IR）光谱范围开发的技术，提高了这些器件在较低频率下的灵敏度。

通过将中红外量子级联激光器（QCL）的性能扩展到太赫兹波段，使用 QCL 的太赫兹源的发展也出现在 2005 年左右。从光谱范围方面看来，这对微测辐射热计太赫兹相机是完美的。但即使这些设备的组合，加上更高功率的低温冷却 QCL，能够在频率高于 2.8THz 的条件下提供具有足够高对比度的视频速率太赫兹成像的可行解决方案，问题是在如此高的频率下，太赫兹波对大部分材料的穿透能力下降，水吸收再次变得非常强烈。

随着太赫兹技术的进步，QCL 和低温冷却的高成本已经阻碍了应用的开发。与任何其他光子技术一样，太赫兹成像领域的开发活动也出现波动，目前太赫兹产品的开发水平发展较为缓慢（见图 1）。

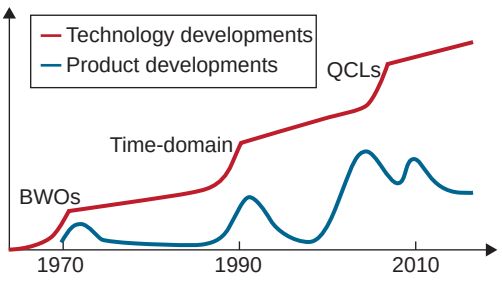


图1：太赫兹技术和产品的开发周期。

2015 年，时域太赫兹系统领域的一家领先供应商——美国 Zomega Terahertz 公司停止了运营，其他太赫兹厂商也减少了员工人数。但是这种情况正在逐渐改善。

太赫兹用于救援

太赫兹产品开发商的机遇往往与灾难相关联。第一件大事是 2001 年美国发生的 911 悲剧。2002-2010 年，用于机场安全扫描仪的太赫兹成像器的潜在应用，吸引了大量政府资助，但是高频微波成像技术最后成为了竞争的胜出者。

目前，许多机场都配备了使用 20~30GHz（15~10mm 波长）信号源和探测器的毫米波扫描仪，可以产生乘客的三维（3D）图像，显示隐藏物体。这些扫描仪的下一代产品可能使用 80~90GHz 技术，更接近太赫兹范围。在无线通信领域这个更大的市场，毫米波技术将帮助为技术开发带来更多投资，降低产品成本。

第二件大事是 2003 年发生的哥伦比亚号航天飞机事故，该事故与绝热泡沫和航天飞机机身粘结的缺陷有关。

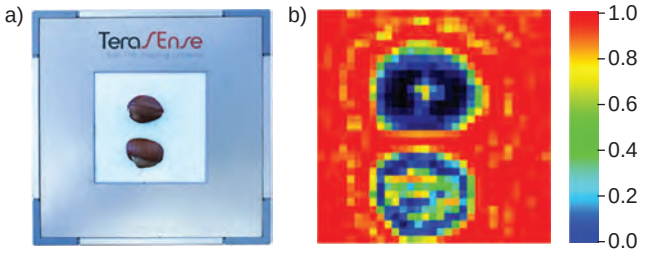


图2：在榛子的可见光（a）和太赫兹（100GHz；b）图像中，太赫兹图像清楚地显示了上部榛子被真菌感染，其在太赫兹光谱范围内更具吸收性。

太赫兹成像被 NASA 纳入诊断工具之一，以确保之后的任务安全。在该项目中，费用并不是问题，美国 Picometrix 公司（现在是 Luna 公司的一个部门）向 NASA 提供了几种时域扫描仪。泡沫在太赫兹范围内非常透明，在这种情况下，太赫兹成像是对 X 射线和超声成像仪的一项可行补充技术。

虽然开发时域太赫兹成像系统的公司在针对工业过程和产品质量控制应用方面，已经取得过很多成功，但是来自 X 射线和超声成像的竞争依然非常激烈。更成熟的技术往往在价格和可靠性方面更具优势。即使太赫兹系统经常能够提供更好的性能，但是客户也倾向于采用更为成熟的方法，而不愿意承担采用新技术带来的风险。

除此之外，农业和工业应用对于太赫兹成像的需求似乎正在升温。技术开发也在稳步向前发展。用于视频速率成像的两种新方法包括等离子体激元探测器的二维（2D）阵列和太赫兹图像到近红外（near-IR）区域的上转换，展现了不包括其他光谱带的不可见世界。

等离子体激元探测器和上转换成像

半导体铝镓砷 / 砷化镓（AlGaAs/GaAs）纳米结构纯度的最新进展，已经可以将等离子体激元概念从光谱的光学区域适应到微波和太赫兹带。然而不幸的是，仅当其频率 $\omega > 1/\tau$ 时才可以观察到标准的 2D 等离子体激元，其中动量弛豫时间 τ 基本上随着温度的升高而降低。因此，等离子体激元效应仅在足够大的频率和足够低的温度下才可见。[1]

实际上，仅在 T<80K 的低温条件下，才能观察到 f<500GHz 的 2D

可满足高标准的工厂自动化和检测应用
TECHSPEC® HP 系列定焦镜头


请立即联系我们
• 高性能（HP）设计
• 整个视场范围内拥有高达 9 百万像素的分辨率
• 适用于工厂自动化的抗震外壳
Edmund
75 YEARS OF OPTICS
www.edmundoptics.cn/117-8614

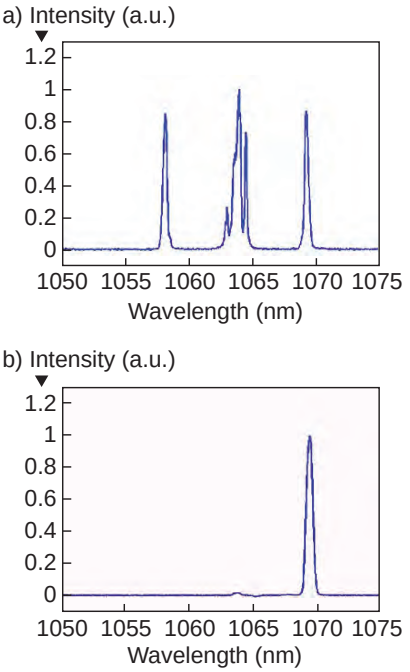


图3：对于上转换信号的光谱（a），使用陷波滤光片衰减1064nm的泵浦；接下来，使用长通滤光片消除1064nm的泵浦（b）。

等离子体波，该频率对应用颇具吸引力。[2] 这个事实严重阻碍了等离子体激元电子器件的太赫兹应用的进展。

绕开该限制的一种方法是采用相对论等离子体激发，这是最近在门控2D电子系统中发现的新型等离子体波。[3] 这些弱阻尼等离子体波在高电导率 $2\pi\sigma > c$（其中σ为二维电导率，单位为高斯）电子系统中激发，具有强烈的极化性质。已经证明，这种相对论等离子体激元在微波和亚太赫兹频率范围内，可在室温下存在。

在美国TeraSense公司的探测器中，太赫兹辐射通过沉积在晶体表面上的宽带天线结构，转换为相对论等离子体波的交变电位。此外，由于等离子体激元波导的不对称性，等离子体波的交变电位被整流，以产生测量的光响应信号。可以选择探测器的几何形状来匹配特定的太赫兹频带。

TeraSense公司已经开发了可以实现4096像素相机的这种探测器二维阵列。这些太赫兹相机使用输出功率高达100mW的100GHz紧凑型IMPATT二极管发生器作为照明源，可以识别致癌真菌毒素污染的花生、玉米和其他粮食作物及油料植物。在另一项应用中，太赫兹图像显示以黄曲霉素和寄生曲霉素为特征的榛子中真菌的迹象，其中散发出非常危险的致癌物黄曲霉毒素B1（见图2）。

一种可替代的太赫兹成像方法包括将太赫兹图像上转换为更高频率的近红外光。使用电荷耦合器件（CCD）相机对这些图像的上转换和探测最早出现在20多年前，当时使用的是飞秒激光产生的宽带太赫兹脉冲。[4]

通过将激光和太赫兹脉冲在非线性晶体中混合，以通过电光效应在激光波长处产生正交偏振信号，来对太赫兹图像进行上转换。由于该信号与太赫兹场成比例，所以在太赫兹波束中编码的图像可以转移到激光波长。探测该图像需要以其原始偏振滤除激光束，这是通过偏振滤光片实现的。这些图像的对比度不是很高，但却是这种概念的首次展示。

Microtech公司开发的太赫兹波高功率窄带源（1.5THz平均功率达到3mW），已经能够显著改善类似过程产生的图像的对比度。[5,6]

在非线性晶体中混合窄带皮秒激光和太赫兹脉冲，在激光线的两侧产生光谱边带（见图3）。使用陷波滤光片来衰减1064nm的背景，并且观察到对应于ωpump + ωTHz（1058nm）和ωpump- ωTHz（1070nm）的边带。用长通滤光片代替陷波滤光片，几乎完全消除了泵浦（和短波长边带），留下1070nm的边带。光谱边带在本实验中也是正交偏振的。

该上转换信号可用于将图像从太赫兹波束传输到近红外光。这是通过将物体放置在准直的太赫兹光束中，然后对其聚焦，并将其在非线性晶体中与近红外激光束进行混合来实现的。激光束中滤光后的边带携带图像，用CCD和CMOS相机探测。

光谱和偏振滤光的组合已产生非常高对比度的图像和视频。使用此方法制作的太赫兹电影的范例可访问 http://mtinstruments.com/movies/leafpptvideo.mp4；http://mtinstruments.com/movies/envelopepptvideo.mp4 和 http://mtinstruments.com/movies/teflonvids.mp4。

边带的光谱分离由太赫兹频率确定，在1070nm边带实验中为1.5THz。这种成像方法可以通过使用更窄光谱的激光器和滤光片，扩展到更低的太赫兹频率（100~300GHz）。在这些较低频率下可用的高功率太赫兹源，将使得图像对比度进一步改善，并且在各种新兴应用中增加对太赫兹成像系统的需求。❑

参考文献

1. I. V. Andreev et al., Appl. Phys. Lett., 105, 202106 (2014).
2. W. Knap et al., J. Infrared Millim. Terahertz Waves, 30, 1319 (2009).
3. V. M. Muravev et al., Phys. Rev. Lett., 114, 106805 (2015).
4. Q. Wu et al., Appl. Phys. Lett., 69, 1026–1028 (1996).
5. P. Tekavec et al., "Terahertz generation from quasi-phase matched gallium arsenide using a type II ring cavity optical parametric oscillator," Proc. SPIE, 8261, 82610V (Feb. 9, 2012).
6. P. Tekavec et al., "Video rate THz imaging based on frequency upconversion using a near-IR CMOS camera," Proc. CLEO 2014, STh4F.7 (2014).

激光二极管保护

如何保护激光二极管免受电气损坏

采取一些步骤来保护激光二极管免受静电放电、电流过大、电流尖峰和电压瞬变的影响。

文/ Aaron Browning，ILX Lightwave Instruments公司

据说有两种类型的研究人员：那些已经毁坏了激光二极管和那些将要毁坏激光二极管的。虽然这可能是一种较为夸张的诙谐描述，但事实上当今的实验室环境，对激光二极管带来了比以往更大的威胁。而且，保护激光二极管通常被误解，并且执行不力。激光二极管保护是优先事项，因为激光二极管损坏令人沮丧，不但耗时而且代价高昂。幸运的是，采用适当的措施可以大大防止激光二极管的损坏。

激光二极管保护方案

激光二极管对静电放电、电流过大和电流尖峰（瞬变）非常敏感。激光二极管损坏的现象包括输出功率降低、阈值电流偏移、光束发散变化、难于聚焦，以及最终的失效。

本文介绍如何防止灾难性面损伤（其将导致激光反射镜由于热量而损伤）；以及与处理 / 操作条件相关的电气瞬变的潜在损伤，这种损伤在正常工作条件下会导致激光二极管过早失效。

每个级别的激光二极管保护方案，由其所保护的损伤机制组成（见表 1 和图 1）。I-III 级保护可以通过实验室设置进行控制。事实上，所有四个级别的保护对于实现激光二极管的最大寿命，都至关重要。

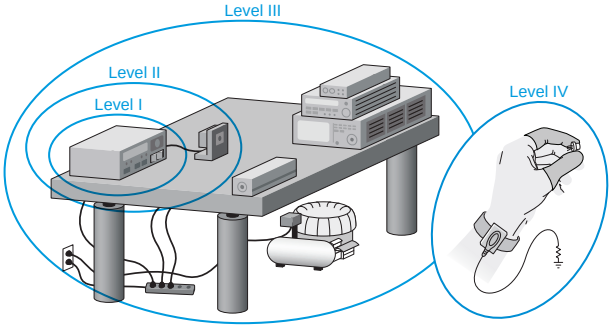


图1：图中显示了四个级别的激光二极管保护方案（详见表1）。

一级保护：仪器仪表

用于控制激光二极管的仪器应设计，具有适当的保护和交流瞬态抑制。至少仪器必须满足以下条件：(1）包括驱动电流的独立可调限值，(2）防止二极管结的反向偏置，(3）抑制交流电源线的电气瞬变尖峰，(4）不产生自身的电流瞬变。

电流源。由于半导体激光器是电流器件，所以推荐使用真正的电流源。电压源在开启时电压小心爬升，但电流不受控制。这允许电流随着负载变化而迅速变化，使激光二极管处于危险之中。

在选择适当电流源时，重要的设计特点是短路输出，以保持输出引脚在相同的电位上，缓慢启动以防止导通瞬变，独立地驱动电流限制，以防止意外的电流过载，过电压保护以防止电压过驱动，以及通过电源线瞬态抑制来防止外界对设备的影响。图 2 显示了电流源的正确设计示例。

精确的电流源，如 ILX LDX-3200 系列，只是激光二极管保护的一部分，单靠仪器不能保护所有条件。这就是为什么用针对破坏机制的整体方法来保护设备尤为重要。

温度控制器。许多关键的激光二极管参数，如波长、阈值电流、效率和寿命都高度依赖于结温度。例如，激光二极管可以在 25℃下运行 10 万小时，但在 55℃下仅能运行 1 万小时。

这就是为什么任何设置都需要高度稳定的温度控制。根据要求，散热设置可以是简单的被动热沉、温度控制器

表1：四个级别的激光二极管保护方案

LEVEL	Description	Damage mechanism
I	Instrumentation	Over-current, overheating, power-line surges, and transients
II	System setup	Radiated electrical transients
III	Lab environment	Severe fast transients
IV	Laser-diode packaging, handling, and human contact	Electrostatic discharge (ESD)

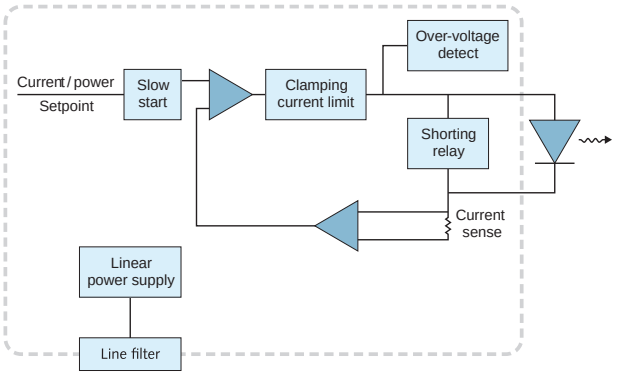


图2：这种正确设计的电流源具有以下设计特征：短路输出以保持输出引脚处于相同的电位，缓慢启动以防止导通瞬变，独立的驱动电流限制，以防止意外的电流过载，过电压保护以防止电压过驱动，以及通过电源线瞬态抑制来防止外界对设备的影响。

或水冷系统。配有热沉和热电模块的温度控制器，是适用于大多数应用的灵活选择。

温度控制器，如 ILX LDT-5900C 系列，允许用户精确控制温度和速度，从而稳定温度。温度控制器应具有通过调节常数、温度 / 电流限制以及可调 PID 常数来接受各种传感器的能力。这些功能能够实现必要的控制，以防止设备过早失效。

二级保护：系统设置（安装、电缆和接地）

选择合适的驱动器，是保护激光二极管的必要条件。仪器本身不能防止直接辐射到激光二极管或通过系统布线带来的瞬变。为了防范这些威胁，必须在系统设置期间仔细考虑相互连接问题。

“系统设置”定义为除了驱动器和控制器之外，还包括二极管安装座和布线。这包括连接到系统的其他测试设备。构建系统时，最弱的环节将决定系统的相对强度。对于辐射噪声敏感性尤其如此。

在系统设置中，辐射电瞬变可以被认为是噪声信号。该模型包括三部分：噪声源、耦合机制和接收器。在实验室中识别和消除所有噪声因素是不切实际的。

但是，可以采取预防措施来预防和消除大多数常见的瞬变。

接地。接地是一个在概念上很简单、但实际操作很复杂的话题。大多数系统元件接地有两个原因：(1) 确定激光二极管相对于大地和其他设备工作的电压，以及 (2) 为器件电流提供返回路径。

安装注意事项。激光二极管安装座，如 ILX LDM-4980 系列，执行提供固定和散热的看似无害的任务。必须仔细考虑注意事项，以确保激光二极管的安全环境。

抑制高频噪声是重要的考虑因素。没有适当的接地，安装座可起到天线的作用，并且可以拾取辐射信号，在激光二极管的节点处感应电流。正确的屏蔽和接地可以校正这一点。

与大地隔离的封装允许更大的连接自由度，并降低接地回路和干扰的可能性。必须接地的封装，应具有从安装座到大地的非常低的电感连接。直接接地到电源线地线是最低要求。

布线和屏蔽。松动的连接可看成是较高的阻抗负载，并且可能导致电流过载。这是电流限制和间歇性接触探测是关键保护功能的原因之一。

使用双绞线电缆降低低频噪声，否则电感耦合到信号导线中。然而，没有屏蔽，双绞线电缆会引起额外的电容噪声。屏蔽通过低阻抗连接到大地来消耗电场。这也可以防止实验室中的其他电场耦合到电缆上。

三级保护：实验室环境

激光二极管是否被电力线瞬变损坏取决于几个因素，包括瞬态幅度、瞬态的时间特性和激光二极管的灵敏度。防止这种损坏机制的最佳做法是正确屏蔽电缆。屏蔽电缆将充当法拉第笼，显著减少瞬态。

四级保护：操作和人员接触

正确操作可能是激光二极管保护中最容易被忽视的一个方面。仔细存储、运输和安装激光二极管，对于确保最佳激光二极管寿命至关重要。

激光二极管容易被静电放电（ESD）损坏或破坏。ESD 被认为是早期激光二极管故障的主要原因。由 ESD 导致的损害可能不明显，并可能表现为潜在故障。

操作激光二极管时，必须遵循以下规则：

1、处理未受保护的设备时，请佩戴防护腕带，安全地将建立的电荷导到大地。

2、将未受保护的激光二极管放置在认证过的静电消除工作台面上。

3、运输、储存或不使用激光二极管时，请将设备完全封闭在导电屏蔽材料中。不使用时短接引脚。

4、将所有电荷产生材料离不受保护的设备至少 12 英寸（30 厘米）远，因为设备可以被感应充电。

在有问题的地方，建议使用防静电地板覆盖物和离子鼓风机，穿上防止产生电荷的服装。❑

DPSS激光器

VHG 稳波二极管泵浦 Nd：YVO_4 激光器的最新进展

文中讨论了光纤耦合波长锁定的二极管在Nd：YVO_4高能级泵浦与优化方面的优势，并给出实施基于VBG的解决方案时，在成本、功率、效率和动态范围方面的系统级权衡。

文/Kirk Price，Michael Atchley，Rob Martinsen；nLight公司

工业用二极管泵浦固态（DPSS）激光系统正在快速发展，以满足市场对其输出功率、接近衍射极限的光束质量和线偏振输出等方面不断提升的需求。输出功率的提升有助于提高加工产量，并且也在微加工、材料加工、光谱学、晶圆检测、激光显示和医疗诊断等领域实现了很多新应用。优异的光束质量和线偏振输出，可实现高效的二次和三次谐波产生。

传统上，工业用 DPSS 激光器的主力是用 808nm 二极管泵浦的 Nd：YAG 激光器，其具有大吸收截面、宽吸收线宽、晶体热性能良好等优势。然而由于 808nm 泵浦光和 1064nm 输出光之间存在较高的量子数亏损，导致了热透镜效应以及相应较差的空间光束质量，从而使得该系统的性能受到了限制。此外，YAG 晶体的各向同性特性会导致随机偏振输出，这将降低谐波产生过程的效率。显然，需要一种新的晶体材料系统和泵浦方法，来提高未来 DPSS 激光系统的输出功率、光 - 光效率和光束质量。

Nd：YVO_4（掺钕钒酸钇）晶体由于其具有较大的受激发射截面、高吸收率、高激光损伤阈值以及线偏振输出等特点，正越来越多地用于未来的 DPSS 系统。此外，用 878nm 进行高能级泵浦的 Nd：YVO_4 固态激光器，实现了更高的输出功率和更高的效率，这是由于其量子数亏损减少了约 30%，相应地热负荷 / 热透镜效应也有所减少。[1]

通过使用基于钒酸钇的晶体，DPSS 激光系统在输出功率、光束质量和输出偏振方面均获得了改善，但同时其对泵浦二极管也提出了严格的要求。由于钒酸钇晶体本身具有双折射属性，其高能级的吸收线宽很窄，并且具有强烈的偏振依赖性。因此，这就要求高功率二极管泵浦源，在变化的工作温度和工作电流下，其光谱宽度和波长稳定性能够满足严苛的规格要求。要充分利用 Nd：YVO_4 材料系统提供的性能，需要波长稳定的泵浦源。此外，泵浦二极管的亮度和泵浦强度的空间分布，对 DPSS 系统的输出功率、光束强度和效率都会产生重大影响。

本文中，我们将讨论光纤耦合波长锁定的二极管在 Nd：YVO_4 高能级

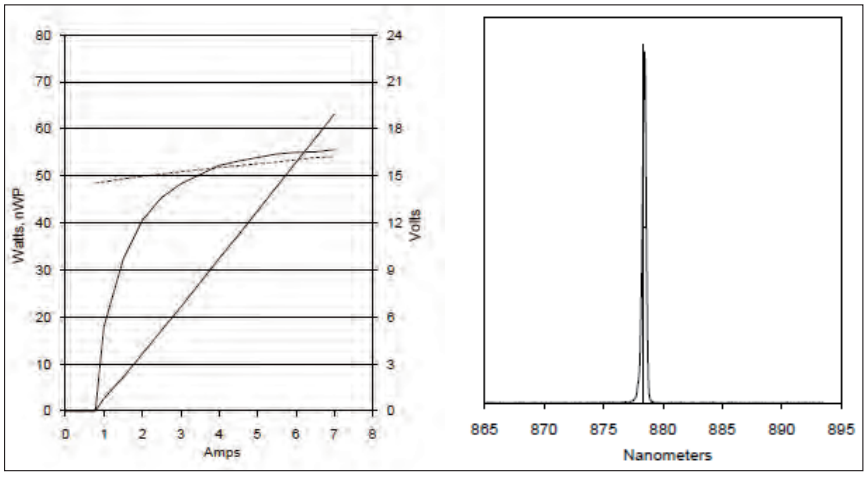


图2：（左图）耦合到400μm、0.22 NA光纤的波长稳定的P10 Pearl模块的功率、电压和效率与电流之间的关系。运行功率为50W，效率>55%。（右图）Pearl模块在工作点的光谱特性。光谱线宽<0.4nm，在整个工作范围内的漂移<0.2nm。

泵浦与优化方面的优势。此外，文中还将给出实施基于 VBG 的解决方案时，在成本、功率、效率和动态范围方面的系统级权衡。

量子阱半导体激光器的光学发射光谱与有源区域的光学增益谱密切相关。该光学增益谱很大程度上取决于二极管激光器的驱动电流和温度。标准的面发射二极管激光器不采用波长选择反馈机制，导致在有源区光谱增益带宽内只要满足增益的模式都输出。因此，激发模式的包络光谱宽度，主要取决于光学增益的光谱宽度，而光谱宽度本身又与激光波长的平方成正比。[2] 由于二极管激光器的带隙和相应的光学增益谱，会随着温度和工作电流的变化而变化，非锁波长的二极管激光器，其输出波长随温度的漂移约为 0.3nm/℃。换句话说，二极管激光器的光谱宽度和中心波长，基本上会随着工作环境的变化而变化，并且不能通过在给定的材料系统中进行单独的外延修改来直接设计。

外部VHG波长锁定的优势

二极管激光器的波长稳定性，通常是通过波长选择反馈机制来实现的；这种机制将激光器锁定到一个（或几个）纵向模式。稳定二极管激光器的输出波长，有两种最常见的方法。一种是内部反馈机制，通过包含在激光器有源区域中的蚀刻的分布式布拉格光栅（DBR 和 DFB 激光器）来实现；另一种是外部反馈机制，通过外部光学元件来实现，如体全息光栅（VHG）[3,4]。相比于 DFB 或 DBR 波长锁定方式，采用外部 VHG 波长锁定的二极管激光器，具有诸多优势。

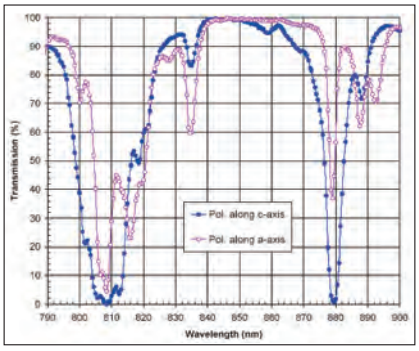


图3：Nd：YVO_4的a轴偏振光和c轴偏振光的吸收曲线。当在878nm波段泵浦时，a轴偏振光和c轴偏振光的吸收差异能对激光器的性能产生实质性的影响。

表1：三种二极管激光器的性能比较。

	自由运转	DFB/DBR波长锁定	VHG-波长锁定
10W单管的中心波长的变化	~10 nm	~2 nm	< 0.2 nm
光谱线宽 (FW1/e^2), 880nm	5-7 nm	<1.3 nm	< 0.5 nm
峰值效率	65%	60%	65%

首先，外部 VHG 波长锁定方式，二极管自发热与反馈波长的调谐无相关性，进一步提高锁波长二极管的温度稳定性，并通过 VBG 元件的独立温度控制，实现了波长可调的激光输出。采用内部光栅（如 DFB 或 DBR 激光器）的器件，随着温度的不同，波长的偏移量为 0.07nm /℃，从而导致输出波长在整个功率范围内出现 2nm 的偏移。相比之下，VHG 较低的光学吸收，使得激光器在其工作范围内的波长偏移 <0.2nm。

表 1 中比较了自由运转、采用内部光栅锁波和采用外部 VHG 锁波的三种二极管激光器的性能，其中包括中心波长的变化、光谱线宽和峰值效率。从表 1 中可以看出，VHG 锁波器件显示出了最小的中心波长变化、最窄的光谱线宽以及毫不逊色的电 - 光效率。

第二，外部 VHG 波长锁定方法提供了更大的波长灵活性，因为纵模是通过外部光学元件选择的。发射线宽可以根据应用进行定制 - 在要求极窄线宽（<0.05nm）的情况下，可以简单地将 VBG 做得更厚些。例如，nLIGHT 公司最近展示了波长稳定的 780nm 器件，其在整个工作范围内的光谱线宽 <10pm。

第三，通过不用 p-DBR，可以大大减少电子注入器件的电压缺陷，提高这些器件的量子阱效率。可以独立地优化外延以实现高功率和高效率，而不再需要在设计上做出妥协，为实现良好的光栅耦合设计复杂掩埋光栅方法。外部光栅本身较低的内部损耗允许进行设计优化，在功率和效率方面提供零损失。外部锁波长方式，消除了掩埋光栅方法中通常采用的复杂外延再生。准直利用了与透镜中相同的成熟准直技术。锁波和非锁波芯片，可以用来自同一个晶圆。

最后，批量制造能力和价格优势方面的最新进展，已经降低了 VHG 锁波激光器的成本，使其成为一种低成本解决方案。VHG 锁波激光器的准直和安装，利用了在快轴准直透镜中使用的具有成本效益的成熟技术。

nLIGHT最新锁波长技术

以前的其它工作研究显示，采用 VHG 外部波长锁定后，二极管的斜率效率大约有 10% ~20%的损失。为了解决这一局限，nLIGHT 最近开发出一种锁波长技术，其能够在较宽的温度范围内保持良好的锁波性能，而并不改变激光器的输出功率和效率。[5]

最近，该技术已经被应用到多款工作在 800~1900nm 波长范围内的高功率、高效率二极管激光器中。nLIGHT 已将这些技术引入到 88xnm

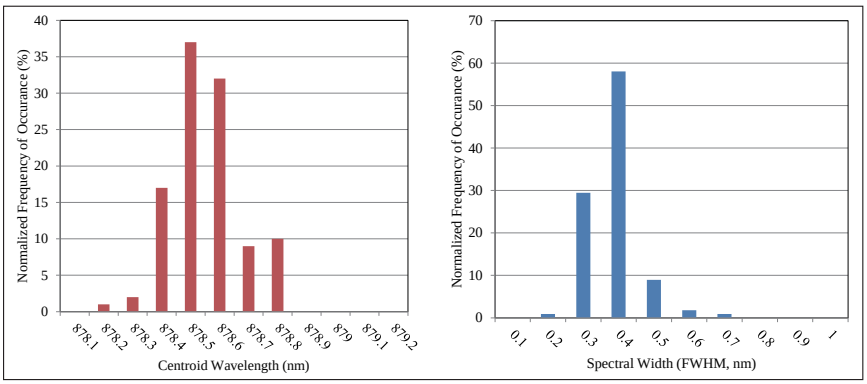


图4：图中显示了878.6nm二极管激光器的中心波长（左图）和光谱宽度（右图）。这种使泵浦二极管的中心输出波长稳定并缩小光谱宽度的能力，显著提高了Nd：YVO_4激光器的输出功率和光束质量。

光纤耦合 Pearl™ 模块中，实现了非常窄的光谱带宽，且光纤耦合器件的电 - 光效率高于 55%，如图 2 所示。这些结果证明了 nLIGHT 在外腔激光器方面的独特实力：能够实现非常低的光损耗、精确的波长稳定性、极窄的光谱线宽，这些都是对钒酸钇 DPSS 激光器进行高能级泵浦的关键参数。

低成本光纤耦合泵浦模块的出现，使 SSL 泵浦架构得到了显著改进。首先，多模光纤定义泵浦光的空间分布，提供与固体激光器具有良好空间重叠的圆形输出光束。其次，泵浦可以与 SSL 晶体分开封装，这简化了系统的冷却要求。nLIGHT 已经开创了同时使泵浦光消偏振、并均匀光斑光纤输出的方法。该技术在显著消除激光偏振的同时，也提高了光纤耦合泵浦模块的稳定性和可维护性。最后，通过均质化近场和远场光束，使泵浦模块的输出能够更好地匹配 SSL 基模分布，从而提高光 - 光效率，并可获得接近衍射极限的输出功率。

nLIGHT 的许多客户都使用波长稳定的光纤均质泵浦源泵浦 Nd：YVO_4 固态激光器，泵浦波长为 878.6nm。在对 808nm 和 878nm 泵浦二极管进行比较研究时发现，a 轴与 c 轴偏振光的吸收曲线的差异，对激光器性能有着显著影响。

相比于用 808nm 的器件泵浦，当用 878.6nm 光泵浦时，客户通常表示，最大输出功率会有实质性的改进。然而，a 轴和 c 轴吸收之间的差异，对泵浦波长和光谱宽度提出了严苛的要求，并且需要在这些要求之间进行权衡。许多客户已经报道，泵浦 Nd：YVO_4 的最佳波长为 878.6nm，但要严格限制光谱宽度和中心波长。通过 878.6nm 泵浦，沿 a 轴和 c 轴的吸收实现了平衡，进而实现了高输出功率和最小的热透镜效应。光谱线宽必须足够窄（大约为 0.5nm，FWHM），以至于 a 轴和 c 轴的吸收值在泵浦的光谱宽度内基本不变。

当将泵浦光调节到 878.1nm 时，较低的 a 轴吸收会导致性能变差。较大的光谱宽度（约 1nm）导致 a 轴吸收的快速减少，性能显著降低从而降低了激射光斑的光束质量。将泵浦波长调谐到大于 879.1nm，c 轴吸收较强而 a 轴吸收较弱，这将导致较低的光 - 光效率和较强的热透镜效应。光谱线宽的进一步增加，将导致 DPSS 性能的下降。

通过保持较窄的谱线宽度、优异的中心波长稳定性、去偏振的激光输出和良好的光斑均匀性，我们可以同时优化 a 轴和 c 轴的吸收，同时减轻热透镜效应，能比 808nm 泵浦显著提高输出功率和斜率效率。nLIGHT 在设计和生产 VHG 锁波长泵浦模块方面具有超过五年的经验，目前已经在二极管激光器的制造方面具有独特的能力，能制造出具有严格的中心波长和光谱线宽的器件，如图 4 所示。

878.6nm 泵浦的 Nd：YVO_4 的在输出功率和线性偏振输出方面的性能改进，直接改善了固态激光器的谐波产生。多家客户反馈，878.6nm 泵浦的 Nd：YVO_4 激光器的性能改进，使得 TEM_{00} 输出功率比 808nm 泵浦提高了 60%以上，这将直接提高一次谐波和二次谐波的功率水平。nLIGHT 已经通过生产波长稳定的 878.6 nm 泵浦源（其具有最高的效率、最严格的中心波长稳定性、较窄的光谱线宽）展示了最佳的 Nd：YVO_4 泵浦方案，从而能够在生产线上提高 DPSSL 的输出功率和稳定性、以及 DPSSL 性能的可重复性。❑

参考文献

1. Y. Sato, T. Taira, N. Pavel, and V. Lupei, "Laser operation with near quantum-defect slope efficiency in Nd:YVO4 under direct pumping into the emitting level," Appl. Phys. Lett. 82, 844-846 (2003).
2. S.M。 Sze，Physics of Semiconductor Devices，Wiley，New York，2nd ed(1981).
3. L. Glebov, Photonics Spectra, Jan. (2005)] [4] [B. Volodin, et al., Optics Lett., vol. 29, pp. 1891-1893, (2004).
4. B. Volodin, et al., Optics Lett., vol. 29, pp. 1891-1893, (2004).
5. P. Leisher，et al。“High-Performance Wavelength-Locked Diode Lasers” SPIE 7198，(2009).

对话通快高层，畅谈行业发展及背后的精彩故事

编者按：在2017年慕尼黑LASER World of PHOTONICS 2017展会上，《Laser Focus World》（LFW）杂志编辑Conard Holton和Andreas Thoss有幸与德国通快集团副主席Peter Leibinger和通快激光部总裁Christian Schmitz进行了一场近距离采访。通快的两位企业高管分享了他们对激光技术的过去、现在和未来的热情和想法。这是激光行业内很难得的一次深入且鼓舞人心的对话，分享了激光行业发展过程中的很多精彩故事，其中更是闪耀着诸多独特的见解。

文/Conard Holton, Andreas Thoss

LFW：近年来，最吸引您的激光创新是什么？

Leibinger：当然是极紫外（EUV）！ EUV 是罕见的“从想法的讨论、到实验阶段和原型阶段、再到正在制造的最终产品都对世界产生影响”的案例之一。“用平均功率为 30kW 或 35kW 的 CO_2 脉冲激光加热锡滴生成 EUV 光，并在晶圆上投影，以雕刻出线宽仅为几个原子尺寸的电路。”这些纯粹的科学挑战正是 EUV 的魅力所在。

除了技术的纯粹魅力和科学挑战之外，EUV 技术吸引我的另一方面是它对世界的影响。如果我们的 EUV 项目失败了，摩尔定律则会失效。当然，世界并不完全依赖于通快，但是可以说如果没有通快，芯片行业就无法做到这一点。当然，EUV 的影响范围不仅仅是芯片行业，智能手机行业和整个电子设备行业也将不得不改变其运作方式。



用于极紫外（EUV）应用的TruFlow激光放大器，是使用13nm光源的下一代EUV光刻系统的一个重要组成部分。

对于我个人来说，EUV 项目也让我加强了一个根本信念：没有合作伙伴，你什么都做不了。我们处于一个独特的领域——激光行业。这个行业一方面充满了高度竞争，而另一方面又需要高度协作。这种合作促使了激光行业的快速增长和创新。增长来自于竞争，而创新则源于合作。没有合作，我们将无法进行我们正在做的事情，通过 EUV 项目，我们更加深刻地体会到了合作的重要性。

Schmitz：对于我来说，最吸引我的无疑是碟片激光器。在我们开始研发碟片激光器的时候，我们认为可能这个项目就是使用半导体激光来做固体激光的泵浦源，从而生产出更高效的固体激光器。然而，我们并未想到其应用范围会那么广。

LFW：Leibinger 博士，听说您的父亲在 20 世纪 70 年代早期游历美国时拜访了一家公司，并购买了一台 CO_2 激光器，据说在当时这台激光器的价格比一辆豪华轿车还昂贵。

Leibinger：是的，那是一台被称为 Gravestone 的 CO_2 激光器，建在一块花岗岩板条上，来自 Photon Sources 公司（现在是 Novanta 的一部分）。

LFW：您本人是否有过类似的传奇经历呢？

Leibinger：我本人也曾有过两次类似的经历吧。第一个是激光二极管。记得是在 2000 年，我意识到激光二极管将是激光行业未来的基石，特别是在高功率激光领域。

那时候我在美国，正逢电信和互联网行业的繁荣发展。通快美国公司位于新泽西州的卢布姆菲尔德

(Bloomfield)，紧挨着 SDL 公司，距离通快美国总部法明顿只有大约半个小时的车程。SDL 后来被 JDSU 以数十亿美元收购了。



Peter Leibinger是通快集团管理层成员。2017年7月1日，他从具体事业部门运营职责转为负责公司成长战略规划。除了负责通快集团的研发部门外，他还负责销售和服务。

我当时意识到通快可能会陷入战略困境，因为我们必须要获得激光二极管这项基础性技术，而这在当时却是一件让人头疼的事。一方面，即使我们想垂直整合，但在当时我们无法收购到制造激光二极管的公司；另一方面，即使是那些制造激光二极管的公司，也不再有兴趣出售数千只高功率设备给我们，因为他们在电信行业的销量动辄高达数百万只。

基于这些考虑，在我父亲访问通快美国公司的时候，我说服他：我们需要开设自己的激光二极管晶圆厂。然后，我便开始了寻找顾问之旅，以帮助我们建立自己的晶圆厂，很快我又意识到更重要的问题是拥有 IP，因为当时已经有超过 10,000 个激光二极管专利。

然后，我们偶然发现了普林斯顿光波（PLI），这是一家从萨诺夫研究所（Sarnoff Research Institute）分拆出来的公司，位于新泽西州。他们拥有一位非常有创意的研究科学家——Dmitri Garbuzov，他申请了大面积波导专利。当时每个人都在使用这项技术，这就是我们进入激光二极管市场的敲门砖。剩下的部分就是行业发展历史了，市场崩溃，我们直接购买了 PLI 的专利和资产。2002 年，我们开始在普林斯顿运营，今天我们在普林斯顿大约有 250 名员工，每年生产超过 30MW 的泵浦功率。

LFW：第二件事是什么？

Leibinger：第二件事比较简单。我们开始了 EUV 的开发，因为 EUV 找到了我们。当时 Cymer 正在寻找一家能够制造 CO_2 激光器的公司，生产他们所需要的产品，最后他们选择了通快。这是我不得不签署的一个特别项目。

我预测这个项目有 5% 的成功几率。我说，我们做这件事不是出于商业目的，而是出于文化原因。当时，我们的 CO_2 激光器研发团队专注于单一客户的单一应用：我们的机床部门和切割用激光器。当然，在研发方式上他们也非常有安全意识的。

对我而言，这似乎是通过 EUV 为该团队灌输新鲜文化的一个独特机会，因为芯片行业的研发理念是要尝试一切可能性，而不是安全保守的研发。在 EUV 项目上，大约经过两三年的发展后，我们至少已经拥有了 15-20 名研发人员，但对现实如何发展依然没有头绪。这时，我遇到了 Cymer 公司的首席执行官兼创始人 Bob Akins，他是激光行业中我最钦佩的人之一。



Christian Schmitz于2017年7月1日加入通快集团管理层。他从Peter Leibinger手中接棒，负责激光技术/电子部门的管理工作。

Bob Akins 当之无愧是个极富远见的人，他诚实、正直，而且非常聪明。我们有幸相遇，畅谈长达数小时，为我们之间的合作奠定了坚实的基础。后来，我们与阿斯麦（ASML）公司建立了合作关系，同时也收购了 Cymer。这种建立在相互信任基础上的伙伴关系，真的感觉非常棒，大家总是拥有一起成功的强烈愿望。

LFW：通快公司的两个最大的竞争对手均在纳斯达克上市，资本数十亿。他们拥有很多资源，增加了行业并购。相比之下，通快是一家私人公司，私有性质会是公司的一个劣势吗？

Schmitz：我绝不认为公司私有是劣势，我看到的完全是优势。试想一下，Peter 刚刚谈到的 EUV 项目的情况，会发生在一家上市公司中吗？从来没有过，因为股东会问："这个项目的投资回报是多少？"

Leibinger：分析师也会问！

Schmitz：从这个角度来说，像 EUV 项目这样的故事，或是我们在慕尼黑发展科研激光器研究，或是对激光二极管的投资，你都不会去做。你只有拥有一家私人公司的时候才能做到这一点，而这家私人公司里的人们，真正想的是未来。

Leibinger：首先，如果看看我们的竞争对手的资产负债表和 PNL，您就会注意到，通快比其大多数竞争对手投入了更多的研发经费。通快这么做的一个原因是：我们不用在短期盈利的情况下回答分析师的诸多问题。

第二，现金丰厚可能是上市公司的一个负担，因为他们必须要说明为什么他们手上拿着钱却没做任何事情。通

快也有丰富的现金。这些现金可以用于并购，也可以作为周期性业务的保险单。

我们自己制定我们的发展策略，而不需要分析师来做。我认为这是一个巨大的优势。看看这些上市公司的估值，都是 20-30 倍于收益，这只是未来的估值，而不是现实。

LFW：通快为科研激光器的提供做出了很大的努力。相比于通快的工业核心市场，科学应用是一个小市场。那么通快从科学应用市场中收获了什么？

Schmitz：坦白说，这是一个实验。将工业化产品应用到科学领域可能是一件有趣的事，我们找到一个科研应用小组，将这项技术推向极限，以便了解更多。通过科研应用，我们更多地了解我们的产品，了解它们在极限条件下的性能，然后将其应用到工业领域，以将我们的超快激光器提升到更高水平。这是我们从慕尼黑科研激光项目中获得的一些收获。

Leibinger：科研激光还能使我们涉猎很多意想不到的应用领域，例如相干 X 射线或桌面同步加速器，这是我们正在与科学研究领域客户所谈论的主题。这是逆向技术转移，我们受益于我们的各种产品系列。

LFW：科研激光项目是互惠互利吗？

Leibinger：是的，双方都受益。但是慕尼黑项目与通快的其他项目不同，它就像一个研究机构。慕尼黑项目是一个由 15 人组成的小团队，他们在做着非常有趣的事。如果有来生，这就是我想做的。

LFW：在全球市场中，您认为哪个区域拥有进一步增长的最佳机会，为什么？

Leibinger：这是我最难确定的一个问题，我想最终还是亚洲吧。在这个地区，目前我们增长强劲的市场依次是：韩国、中国和日本，随后是台湾。亚洲市场会保持强劲增长，但是我也看到了东南亚地区的巨大潜力。

LFW：您是否关注过中国的一些官方计划？您认为这些计划是否会对中国未来的激光发展有促进作用，比如“中国制造 2025”？

Leibinger：非常非常关注。如果你看看打标行业，这是一个值得关注的案例。激光打标机的市场数据取决于信息来源。我们假设中国的激光打标机市场约为 5 万至 6 万台。我觉得 IPG 和通快在标准 20W 光纤激光打标机市场远远落后于中国的竞争对手。我们每年出货 1 万台打标用激光器，其中绝大多数都去了中国市场，但中国的竞争对手做得更多。

对于 500~1000W 的中低功率连续（CW）激光器，我们正看到了同样的发展趋势。而高功率 CW 激光器领域发生同样的情况，也只是时间问题。我也很担心，因为我们不明白这些激光器的低价格是怎么做到的。假如我们把这些机器拆开来看，会发现中国竞争对手的组件有不少来自于我们相同的供应商。如果算上我们支付的费用，再扣除批量采购所获得的折扣，我们仍然做不到他们销售的价格。我不知道他们是怎么做到的，但激光器确实在以低价出售。这是我们目前需要面对的事实。

LFW：有政府政策的支持。

Leibinger：这让我有些担心。

LFW：政府还创建了中国大防火墙，这是一个数字防火墙来规范互联网。它是否干扰到你们的工业 4.0 计划？

Leibinger：当然。我们在中国进行工业 4.0 的唯一办法是通过合作。中国所产生的数据是不能离开中国的，这是法律。如果我们在中国建立云，我们必须向中国政府提交密码来应对紧急情况。这意味着我们将完全透明。我们会被问及，你们为什么要很费劲地设置自己的云呢？你们完全可以和中国合作伙伴一起做。

但我认为这也是一个机遇，我们带来了很多东西。当我们处理中国商业事务时，是的，可能会有政府的影响，但最终他们还是会遵循商业利益。这是我们必须做的。❑

上接第21页

光器甚至更宽、约为 300nm 的调谐范围，其中输出短至 200fs，波长选择通过棱镜对实现（见图 1）。

王枫秋介绍说：“我们的初步结果是非常喜人。结果表明碳纳米材料，包括碳纳米管和石墨烯，可能是关键的光学开关材料，能够在技术上重要的 2μm 区域实现新一代的宽可调谐锁模光纤激光器。考虑到在体积和成本降低方面的巨大优势，这些碳基系统将很有可能实现商业化。”❑

参考文献

1. Y. Meng et al., Nat. Sci. Rep., 7, 45109 (Mar. 21, 2017).

一体化外腔可调谐激光器及放大器MSA系列

MOGLabs 公司最新推出一体化外腔可调谐激光器及放大器 MSA 系列，可提供高达 4W 的高亮度窄线宽输出。MSA 的种子源采用独特的固有自对准 MOGLabs cateye 激光器，具有非常低的频率漂移和业界领先的无源线宽。用于 TA 二极管对准的线切弯曲安装座，提供了出色的被动稳定性，并且最终用户很容易实现二极管更换。



选项包括单模光纤耦合、双光束输出（自由空间和光纤耦合），以及使用专有的超窄带滤波技术的增强型 ASE 抑制，可应用锥形放大器进行 BEC 偶极捕捉。

主要特征：波长 630~1080nm；输出功率高达 4W；高稳定度的线切割弯曲对准；用户可更换的 TA 二极管；独特的 ASE 抑制，0.2nm 带通滤波器（可选）。

应用领域：激光冷却和捕集；玻色 - 爱因斯坦凝聚和偶极捕获；Rydberg 激励；光化电离；时间和频率标准；激光光谱。

顶尖科仪（中国）股份有限公司；www.psci.cn

提升光束控制速度和精度的全新数字伺服驱动器

Cambridge Technology 推出全新数字伺服驱动器 DC3000 Plus，建立在其前身 DC3000 基础之上，而后者采用数字状态空间控制器技术来提升激光打标应用的速度。由于增加驱动电流并加强热能管理，DC3000 Plus 目前提高了打标速度，并且能够更快地准确驱动更大的激光用镜。这些改进扩展了该产品系列在激光转换、微机械加工、高功率焊接和增材制造应用方面的能力。

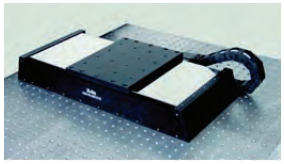
这款全新伺服驱动器将为客户提供明显的速度和性能优势，包括卓越的追踪性能和在高占空比应用中的更高效率。客户还能受益于全新自动校准功能，这一功能可以简化将 DC3000 Plus 整合至客户系统的过程，减少停机时间，简化服务要求。

DC3000 Plus 是 Cambridge Technology 旨在满足先进制造应用需求的一套产品的组成部分，主要功能包括：提高在微机械加工、摆动焊接和开孔方面微矢量扫描模式的精度；使高速打标应用中的吞吐量提高多达一倍；轻松整合与支持，每次接通电源都进行系统诊断，在操作过程中新增过热保护。

Cambridge Technology；www.cambridgetechnology.com

满足高端工业及科研领域的新型电动滑台

卓立汉光最新推出新型 LMA 系列电动滑台（直线电机平移台），其优选直线电机，满足高速、高精度、高扭矩的要求，精度达到卓立汉光“超高精密”的标准。



采用进口超高精密（SP 级）线性滑块导轨，产品负载能力大、运动平稳，具有超高运动精度，达到国际先进水平。左右两侧均采用双光电开关（非接触式），起到减速、限位作用；左右两侧均采用双油压缓冲器，有效阻止高速碰撞；在多重保护的基础上，又增加聚氨酯防撞垫块，进一步提高安全性；可选择不同精度的玻璃式光栅尺或者钢带式光栅尺，配置灵活。

卓立汉光，www.zolix.com.cn

雷宇激光推出国内首款教育版激光切割软件LaserMaker

雷宇激光推出国内首款教育版激光切割软件——LaserMaker。LaserMaker 是雷宇激光自主研发的激光切割机专用软件。作为首款面向教育市场开发的激光切割软件，以其简洁的界面设计，最符合青少年思维的操作逻辑，极易上手的特性，赢得老师学生们的一致认可。



LaserMaker 专为校园激光 STAEM 教育定制，真正面向中小学生，辅以精心设计的配套教程及经验丰富的师资培训，让更多的创客老师上手即会使用，让更多的学生创客参与到 DIY 的创作乐趣，让创意变为现实。

雷宇激光，www.thunderlaser.cn

大族激光面向白色家电应用的滚筒焊接自动生产线

大族激光精密焊接事业部自主研发的滚筒焊接自动生产线，适用于各种规格的洗衣机内筒的生产，夹具及定位机构自动调节，可以实现各种规格料片的快速换型。



产线将洗衣机内筒平板料片激光切割、卷圆、激光焊接、焊缝检测集成为一体，简化制造工艺流程，实现平板

料片自动卷圆成型的自动化生产。

设备整体布局紧凑，模块化、标准化设计，可根据用户个性化需求组合流水线。系统运行稳定可靠，焊接良品率高，性能、技术、工艺等均达到国内领先水平。可实现洗衣机内筒平板料片自动卷圆焊接，以及其他类似平板料片卷圆焊接。

大族激光，www.hanslaser.com

Manz亚智科技推出新一代FLS1800灵活激光系统

Manz 亚智科技推出的灵活的激光系统 FLS1800，是专门为制造锂离子电池及模块所使用的不同激光工艺而设计的多功能平台，其好比一把多功能的瑞士军刀，满足用户的多种需求。



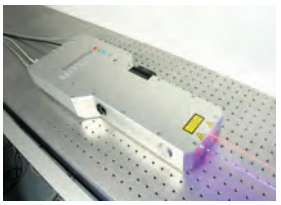
从标准化的机器底座开始，单个机器配置均能只用 6 个步骤就能创建起来，以满足所需的应用需求。通过这个方式，Manz 将标准系统与定制解决方案的优点做了相应的结合。

无论是手动进料的单一系统、还是完全集成的生产线，若想在锂离子电池制造中获得最佳的灵活性、性能和精度，那么 FLS1800 灵活激光系统是最佳的选择之一。由于配置了激光工艺模块，不仅仅适用于高精度激光焊接，也适用于激光切割、钻孔或去除局部材料和涂层，这都是通过不同波长和最高功率 6kW 的激光器实现的。

FLS1800 系统可以无缝集成到现有生产线上，或作为小型生产系列或试点项目的个人系统运行。

亚智科技，www.manz.com

1342nm/671nm/447nm多波长固体激光器



德国 XITON Photonics 公司推出用于显示器修复的多波长激光光源 IDOL 系列。该系列激光器是一款半导体泵浦调 Q、高重复频率激光器，基频光为 1342nm，通过频率转换，可输出 TEM_{00} 模式的 671nm 红光和 447nm 蓝光。所有波长的激光脉冲宽度＜ 13ns，光束质量 <1.3，峰峰功率稳定性 σ<2%，最大可输出 50kHz 的脉冲光。

激光器的密封外壳和尺寸均基于工业应用设计，非常适合 24/7 工业应用。此款激光器具有输出重频高、峰值功率高、光束质量光斑形状优异、脉冲能量稳定性高等优点，而且只需外加一个 532nm 的绿光激光器，即可实现 FPD 修复所需的所有光源要求，是用于 FPD 修复的理想光源。

顶尖科仪（中国）股份有限公司；www.psci.cn

鼎点激光LT6020光纤激光切管机

济南鼎点数控设备生产的 LT6020 系列光纤激光切管机，可切割长度 0.2~6.5m、直径 15~220mm 的方管、矩形管、圆管、椭圆管等管材，同时也可以加工槽钢、角钢等材料。

LT6020 可实现管材开孔、切断、相贯线切割及常规加工难以实现的各种异型复杂图形的精密切割，通过在专业的管材套料软件上编程，实现所见即所得的加工效果。

LT6020 切管机的 16~25mm 钢板床身一体成型，经过热时效处理，稳定性好，长期使用不变形；采用双气动卡盘设计，自动夹紧自动定心，坚固耐用；进口德国 PA 激光管切专用系统和 IPG 激光器，性能稳定。独特的后上料方式，全球首创并取得发明专利，上料稳定，并比市面同类上料方式效率提高 30%，节约时间成本和人力成本。

LT6020 切管机不仅可以小批量多种类加工，而且可以实现大批量稳定加工。一次成型、避免传统加工的切断、打磨等多个加工过程。

LT6020 切管机已用于汽车制造、航空航天、石油管材、工程机械、船舶制造、机车制造、电梯制造、健身器材、建筑装饰等行业。

性能参数

名称	参数
最大空行速度	90m/min
波长	1070~1080nm
光束宽度	0.2mm
额定输出功率	10%~100%
XY轴定位精度	≤±0.03mm
重复定位精度	≤±0.02mm
可加工管型	方管、圆管、矩形管、椭圆管、D形管、槽钢、角钢等
加速度	1G
尾料长度	200mm
有效切割长度	6m/8m/10m
功率	35kW
毛重	10t
电压	AC380V 50Hz
红光定位	有
辅助气体	氧气、氮气、空气

切割样品展示



新一代智能碟片激光器

通快新一代 TruDisk 是新一代先进的智能碟片激光器，紧凑节能，它能结合基于状态监控的服务对激光器运行状态和趋势进行分析，将是工业 4.0 生产线上的有力生产工具。



智能 TruDisk 激光器的核心称为 CPX，是内置的控制系统。它就像是激光器的大脑，激光器在这里收集所有的状态数据和加工参数。新一代的 TruDisk 碟片激光器还新增了一个智能特征：能够显著地提高从扫描识别中获取的数据质量。这个特征被称为精确时间协议，它可以同步所有的传感器并为他们提供一个完全相同的时间戳。在所有开发中最令人印象深刻的是，通快正计划如何在未来更好地利用基于状态监控的服务。在提前获得客户的允许后，这项服务将会被用于分析数据参数，进行基于运算法则的趋势分析，然后采取有针对性的措施来预判潜在的激光停机风险，并预防计划外产生的停工期。

新一代 TruDisk 碟片激光器内部结构的第二项重大改进是增加了全新的半导体激光器。这种新型半导体激光器不但紧凑节能，降低成本，还将占地面积缩减到仅 0.85 平方米。通快最新推出的平面激光切割机 TruLaser 18 Edition 中配备的正是这款碟片激光器。

通快，www.trumpf.cn

多色高功率LED光源

德国 Omicron Laserage 公司最新推出一款高功率 LED 光源 LedHUB，此款产品主要应用于生物技术、工业和分析应用，其波长覆盖范围为 340~950nm。该 LED 光源被广泛应用于广角显微镜、钙离子成像、光遗传学、化学分析、取证等应用中。



LedHUB 的模块化设计原理可以为一开始只使用一种或两种波长的用户，在以后的使用阶段升级更多的波长，最多可以增加到 6 种波长。LedHUB 满足应用需求最关键的一个特征是：此款产品能在波长和光强的高速模拟调制之间进行快速切换。

主要特点：

- 模块化设计，用户可进行 6 种不同波长的升级
- 快速调制功率强弱
- 用户可替换任意 LED 通道的带通滤波片
- 自动化控制 LED 光强，分辨率 0.1%（0~100%）
- 数字调制开关时间 <2μs
- 智能同步
- 稳定和重复度好
- 兼容 2、3、5mm 液芯光导和 SMA 或 FC/PC 石英光纤
- 在视野范围内光强均匀一致，稳定，不需要对齐
- 长寿命：预计超过 5 万小时的工作时间

应用领域：

- 流式细胞术
- 显微镜
- 光遗传学
- 钙离子成像
- 化学分析
- 刑事取证

顶尖科仪（中国）股份有限公司；www.psci.cn

顶尖 PINNACLE
Your Strategic Partner in Photonics

omicron 多色高功率LED光源
- 模块化设计，用户可进行6种不同波长的集合，波长范围内340nm-950nm
- 自动化控制led光强，分辨率0.1%（0-100%）
- 数字调制开关时间<2μs
- 模拟和数字调制



omicron 皮秒高调制半导体激光器
- M^2<1.15
- 模拟调制>3MHz
- 数字调制>1MHz
- 用户可调脉冲形状
- 405nm-642nm波长可选



moglabs 一体化激光器
- 波长630nm-1080nm
- 输出功率高达4W
- 高稳定度的线切割弯曲对准
- 用户可更换的TA二极管
- 独特的ASE抑制：0.2nm带通滤波器（可选）



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）

APE · ATL LASERTECHNIK · AVESTA · BATOP optoelectronics · DUMA OPTRONICS LTD. · JENOPTIK · HAMAMATSU · H+P SPECTROSCOPY · laserpoint · LIGHTHOUSE PHOTONICS · MenloSystems · moglabs · onefive · INFRARED · OSTECH · omicron · 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

Advertiser	广告商名称	网址	页码
Aerotech Inc.		www.aerotech.com	BC
北京凯普林光电		www.bwt-bj.com	20
CASTECH Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	15
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/117-8614	23
Jenoptik Laser Gmbh		www.jenoptik.com/solidstatelasers	11
LASERFAIR 2018	中国（深圳）激光与智能制造博览会	www.laserfair.cn	IBC
Lumentum Operations		www.lumentum.cn	17
Pinnacle Scientific	顶尖科仪	www.psci.cn	35
PRECITEC		www.precitec.cn	1
II-VI		www.ii-vi.com.cn	9

文章投稿指南

《激光世界》不发表公然推销某一具体产品或服务的文章。只有文章内容需要或与主题相关时，才可偶尔提及某一具体产品。

具体要求

1、最好配两幅以上相关图表。
2、应在预定发表日期之前一个月投到编辑部。
3、切勿一稿多投。
5、编辑部有权修改稿件。作者或供稿公司如需在出版前确认修改后的稿件，请事先声明。
6、请留下作者的各种联系方式。

发布新产品投稿指南

1、请清晰地写明新产品的名称、型号、功能、独特之处和用途等。
2、请附上产品照片。照片的分辨率不低于300dpi，大小不低于100万像素。最好是在单色背景下的简单的产品实物照片。
3、请提供能查阅产品更多信息的网址。
4、写清负责答复读者咨询的人员的姓名和联系方式。
5、写清能提供进一步信息的人的姓名、电话、e-mail。
6、本刊有权决定稿件录用与否。编辑部有权修改稿件。
7、本刊收到的稿件会在最近的一期发表，时间最长会延迟2个月。当提供对时间敏感的信息时，请注意预计发表的时间。
8、出版日期前5天截稿。

请将您的新闻或文章E-mail至庞会荣女士 Rossie Pang, E-mail:rossiep@actintl.com.hk,电话：13641292731

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 and Taiwan (香港及台湾)
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 5923 3884/1564

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

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

Amber Li (李歆)
amberl@actintl.com.hk

Amy Ma (马能能)
amym@@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

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

North America (北美)

East, South & Central
Jeff Nichols
Jeffn@pennwell.com
Tel: 1-413-442-2526

West & Mountain
Anne Marie St. John-Brooks
annemarie@pennwell.com
Tel: 1-510-606-0630

Austria, France, Germany, Ireland, Russian Federation, Switzerland, UK (奥地利、法国、德国、爱尔兰、俄罗斯、瑞士、英国)

Holger Gerisch
holgerg@pennwell.com
Tel: 49-0-8847-6986656

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

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：

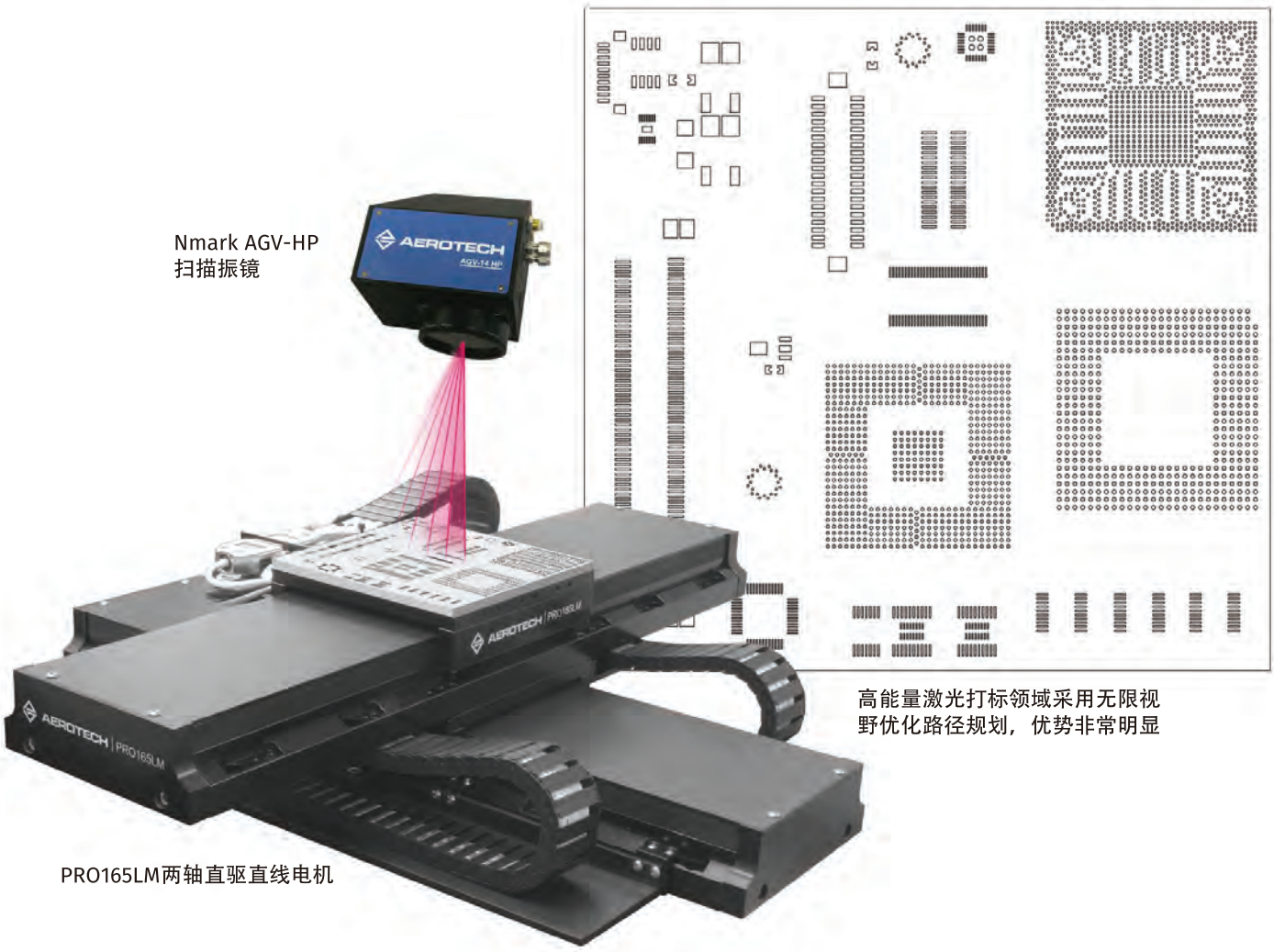
第十二届亚洲（深圳）国际激光应用技术论坛
THE 12th ASIA(SHENZHEN) INTERNATIONAL LASER APPLICATION MANUFACTURING FORUM

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

Aerotech采用无限视野技术消除扫描仪的拼接误差



Nmark AGV-HP
扫描振镜

高能量激光打标领域采用无限视野优化路径规划，优势非常明显

PRO165LM两轴直驱直线电机

相较于传统的运动-曝光-再重复的工艺而言，Aerotech的无限视野技术结合了伺服电机和扫描振镜电机的运动，在伺服电机的全行程范围内提升了扫描振镜的打标能力，消除了拼接误差。

- 易于编程-IFOV(无限视野)可以自动分配伺服轴和扫描振镜之间的运动，允许简单的二维编程
- 只需要简单地定义振镜视野范围和伺服平台的速度及加速度就可以优化无限视野操作
- 自动配置功能，与其它其它激光和工艺流程一样，Aerotech可以使用CAD Fusion和CAD后处理软件。

现在就联系Aerotech,为您示范IFOV(无限视野)是如何提高工艺流程。

Ph: +86 (21) 6126 1058 • Email: sales@aerotech.com • www.aerotech.com
WORLD HEADQUARTERS: USA
THE AMERICAS • EUROPE & MIDDLE EAST • ASIA-PACIFIC

AEROTECH®
Dedicated to the Science of Motion

AF0416D-LPM-ZH-CN