光学和光电子产业的主导刊物 www.laserfocusworld.com.cn 2018年11/12月 第6期
ISSN: 1817-6917

激光世界

LaserFocusWorld® China



集成光学将遍布整个数据中心网络 10

蓝光直接二极管激光器扩展工业激光器的性能 13

光纤激光器已经为新能源车市场做好准备 16

如何为拉曼光谱应用选择激光器 24

PennWell®

微信公众号





扫频 OCT 系统

工业、医学成像与传感应用

- 非侵入式，无损检测
- 光谱式气体传感

可调谐激光器

以快速、精准、极致、可靠为本

- 稳定获取 WDL & PDL 数据
- 硅光子器件测试



santec The Photonics Pioneer since1979

info@santec.com
www.santec.com

扫频 OCT 系统

可调谐激光器

II-VI

光纤激光镜片





10KW可调光斑切割头



激光焊接头



光纤光缆

红外光学材料
– 硒化锌
– 硫化锌
– 硫化锌多光谱



CO_2激光镜片
– 聚焦镜
– 反射镜
– 扫描激光系统



贰陆红外激光（苏州）有限公司
电话：+86-512-6761-9295　传真：+86-512-6767-1207
电邮：infosz@ii-vi.com.cn　网址：www.ii-vi.com
地址：江苏省苏州市工业园区星汉街5号1幢407室



10 封面故事
面向数据中心的光子学
集成光学将遍布整个数据中心网络
光子集成电路（PIC）和基于硅光子学的光学引擎，将在未来十年中扩展数据中心网络的潜能。

6 市场风向标
小功率绿光激光器的市场应用概况
近几年，市场对小功率绿光激光器的需求不断增多。文章着重介绍了目前市场上的绿光激光二极管产品及其应用情况。

13 应用天地
新型激光器
蓝光直接二极管激光器扩展工业激光器的性能
高功率、高亮度蓝光直接二极管激光器，轻松高效地解决了铜焊接和异质金属焊接的难题。

16 新能源应用
光纤激光器已经为新能源车市场做好准备
新能源车正在变革交通行业，而IPG广泛的产品能够为新能源车制造商提供定制解决方案，同时满足第四次工业革命，即工业4.0的要求。

技术中心

19 面部识别
3D TOF相机技术提升面部识别的准确性和安全性
瑞士Espros Photonics公司使用其epc660 TOF成像芯片，经过仔细校准，正在构建具有高空间精度和深度安全性的3D面部扫描系统。

20 制造光子学
新数据中心时代光子学制造面临的挑战
超大规模数据中心制造的大批量和高度混合特性，需要灵活、高速和高精度的自动化，以实现及时供应和关键光子学组件的快速创新。

24 如何选择激光器
如何为拉曼光谱应用选择激光器
拉曼光谱仍然是一种尖端分析技术，未来可能会继续应用于甚至更多的行业和市场。了解可用于拉曼光谱的激光器及其原因，对于拉曼光谱的成功应用至关重要。

28 超快技术
从锁模到CPA放大：飞秒光纤激光器中的物理
文章从锁模原理出发，结合CPA技术，探讨了飞秒光纤激光器背后的物理原理，以便更多人了解超快激光，推动激光器和超快激光加工的发展。

32 光子学产品
光束质量分析仪选型指南
文章介绍了不同激光源选择光束质量分析仪时需要考虑的一些注意事项，光束质量分析仪及一些辅助配件的选型，取决于激光波长、功率、光斑大小以及入射光是CW光还是脉冲光等。

36 商业论坛
我应该为这家光子学公司工作吗？
想想怎样才能做你喜欢做的事，同时又有机会摆在你面前。每一次换工作，都是你职业道路上的一个岔路口。

5 编者的话
8 前沿简讯
37 产品撷英
40 广告索引

FISBA nnovators in Photonics
免费下载白皮书
Δ 激光二极管用慢轴准直器
www.laserfocusworld.cn/Fisba_white_paper.asp

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

Bellin Laser

OVC EXPO 2018

欢迎光临 贝林激光 展位：**A1-A134**

红外 MAX 75W | 绿光 MAX 40W | 紫外 MAX 30W

「脉宽 < 15ps」

「DPSS固体皮秒激光器」

「超过800台皮秒激光器销售及应用」

「应用领域：5G、半导体、显示、医疗等」

工业级皮秒激光器



飞秒 | 红外 20W | 50W | 100W

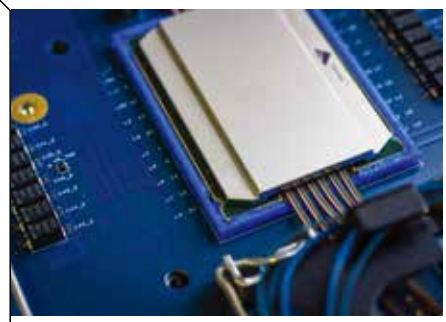
敬请关注微信公众号

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

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

苏州贝林激光有限公司（联系方式）

苏州工业园区苏虹中路77号　0512-87773416　www.bellinlaser.com



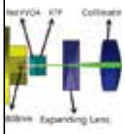
10 COVER STORY

Photonics for Datacenters

Integrated optics permeate datacenter networks

Photonic integrated circuits (PICs) and silicon-photonics-based optical engines will expand datacenter network potential over the next decade.

MARKET WATCH



6 Market applications review of low power green laser

In recent years, market demand for low-power green lasers is increasing. The main green laser diode products and their applications in the market are introduced in this article.

13 APPLICATIONS



Novel Lasers

Blue direct-diode lasers extend industrial laser capability

A high-power and high-brightness blue direct-diode laser system processes copper with high efficiency and low excess heat, and also make it easier to weld dissimilar metals.

16 New Energy Applications



3 Approaches Show: Fiber Lasers Prepared for E-Mobility

New energy vehicles are transforming the transportation industry, and IPG's fiber lasers can provide customized solutions for manufacturers of new energy vehicles, while meeting the requirements of the fourth industrial revolution, Industry 4.0.

TECHNOLOGIES CENTER

19 Facial Recognition



3D TOF camera technology improves facial recognition accuracy and security

Using its epc660 TOF imaging chip and careful calibration, Espros Photonics is building 3D facial scanning systems that offer high spatial accuracy and depth security.

20 Manufacturing Photonics



Challenges for photonics manufacturing in the new data center era

The high-volume and high-mix nature of manufacturing for hyperscale data centers requires flexible, high speed, and high precision automation to enable just-in-time supply and fast innovations of critical photonics components.

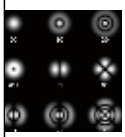
24 How to Choose a Laser



How to choose a laser for Raman spectroscopy

Understanding the lasers that can be used for Raman spectroscopy and why is critical to the success applications of Raman spectroscopy in more and more new application areas.

28 Ultrafast Technology



From mode-locked to CPA amplification: Physics in femtosecond fiber lasers

Based on the principle of mode-locking and CPA technology, this paper discusses the physical principle behind femtosecond fiber laser, so that more people could understand ultrafast laser and promote the development of ultrafast laser processing.

32 PHOTONICS PRODUCTS



Guide for selection of beam profilers

In this paper, some matters needing to be considered when choosing beam profilers for different lasers are introduced. The selection of beam profilers and some auxiliary accessories depends on the wavelength, power, spot size and whether the incident light is CW or pulsed light.

36 BUSINESS FORUM



Should I work for this photonics company?

Think about how you can do what you enjoy doing and also have opportunities open up in front of you. Each job change is a fork in the road of your career path.

5 EDITOR'S NOTES
8 LEADING EDGE SNAPSHOTS
37 PRODUCTS HIGHLIGHTS
40 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.

激光工业加工市场中的主力军

得益于新技术的发展、国家政策以及相关服务的支持，新能源汽车市场正在蓬勃发展。据相关机构统计，在过去的三年中，全球插电式混合动力汽车的年均增长率超过 50%；未来十年，新能源车市场将以指数速率急速增长。

新能源汽车市场的增长，将为激光加工带来诱人的市场机会，特别是当下在工业加工市场中逐渐充当主力军的光纤激光加工。作为光纤激光器领域的主导厂商，IPG 公司已经表示，他们已经为新能源汽车市场的发展做好了准备，其丰富的产品线不但能满足新能源汽车制造中的各种制造需求，如电池单元中的切割、焊接、打标、剥离，同时还能满足现代制造所要求的在线监控、联网生产等工业 4.0 标准（p16）。

说到光纤激光加工设备，就不得不提近期内的两大金属加工类展会：一个是 10 月 23-26 日在德国汉诺威举行的第 25 届国际金属板材加工技术展览会（EuroBLECH 2018）；另一个是 11 月 6-8 日在美国亚特兰大举行的 2018 年美国国际金属加工及焊接展（FABTECH 2018）。这两个展会都是涉及激光金属加工的从业者不容错过的盛会，它们会吸引众多来自全球的高质量参展商和观众。在这两大展会上，光纤激光器和光纤激光加工设备可谓是争奇斗艳，出尽风头。比如百超推出了配备 ByVision 控制功能的新一代光纤激光加工平台；SPI Lasers 展示了 redPOWER QUBE 8 kW 连续波光纤激光器，可用于切割、焊接和 3D 打印；LVD Strippit 展示的 10kW 超高速光纤切割机……据悉，FABTECH 2018 展上光是展示光纤激光切割系统的厂商，就有 20 多家。而在 EuroBLECH 2018 上，像百超、通快等钣金加工领域的主要玩家也都悉数闪亮登场。

当然光纤激光器也将面临另一种激光源——直接半导体激光器的竞争。技术的发展正在让半导体激光器冲出数据通信和泵浦应用的围栏，向工业应用市场进军。很多行业专家都曾表示，未来在工业应用领域，半导体激光器将是光纤激光器的有力竞争者。比如最近美国 NUBURU 公司就开发出了一种新型蓝光半导体激光器，通过光纤耦合输出的高功率光，可直接用于铜焊接和异质金属的焊接（p13）。

在使用激光时，我们需要了解光束的质量情况，那么如何为不同的激光源选择光束质量分析仪呢？Newport 公司对此给出了详细介绍（p32）。此外，在本期内容中，读者还将了解到光子学技术在未来数据中心网络中的发展潜能、如何为拉曼光谱应用选择合适的激光器、飞秒光纤激光器背后的物理原理以及光子学从业者该如何选择就职的公司等内容，希望能对读者有一定帮助。❑

本刊编辑部

激光世界
LaserFocusWorld China

中国/香港特别行政区 China / Hong Kong SAR
电话 (852) 2838 6298
传真 (852) 2838 2766
地址 香港九龙长沙湾青山道478号 百欣大厦13楼B室
出版总监 麦协林 Adonis Mak
电邮 adonism@actintl.com.hk
社长及副总裁 麦协和 Mark Mak
电邮 markm@actintl.com.hk
中国区总经理 徐旭升 Michael Tsui
电邮 michaelt@actintl.com.hk
中国版主编 庞会荣 Rossie Pang
电邮 rossiep@actintl.com.hk
记者 胡婴 Lily Hu
电邮 lilyh@actintl.com.hk

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 John Lewis
电话 (1) 603-891-9320
电邮 johnml@pennwell.com
高级编辑 John Wallace
电话 (1) 603-891-9228
电邮 johnw@pennwell.com
高级编辑 Gail Overton
电话 (1) 603-305-4756
电邮 gailo@pennwell.com
管理编辑 Carrie Meadows
电话 (1) 603-891-9382
电邮 carriem@pennwell.com
执行助理 Katherine McIntosh
电话 (1) 603-891-9224
电邮 katherinem@pennwell.com

公司行政人员
主席 Frank T. Lauinger
总裁兼行政总监 Robert F. Biolchini
财务总监 Mark Wilmoth

尖端技术分部
高级副总裁/出版主任 Christine A. Shaw
读者服务主任 Gloria S. Adams

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

ISSN 1817-6917
© 2018 版权所有 翻印必究

小功率绿光激光器市场应用概况

文/于凯，沈宇峰；无锡斯博睿科技有限公司

随着近几年小功率激光二极管在各种电子产品中的应用越来越广泛，市场需求也从原来较为单一的红光激光二极管延申到蓝光、绿光等不同颜色。本文将着重介绍绿光激光二极管在市场中的应用情况。目前市场中的绿光激光器主要分为 DPSSL 绿光激光器和半导体 LD（Laser Diode）绿光激光二极管。

DPSSL 绿光激光器主要通过 808nm 激光二极管泵浦 YVO_4 晶体产生 1064nm 激光，1064nm 激光再通过 KTP 晶体倍频产生 532nm 的绿光，如图 1 所示。

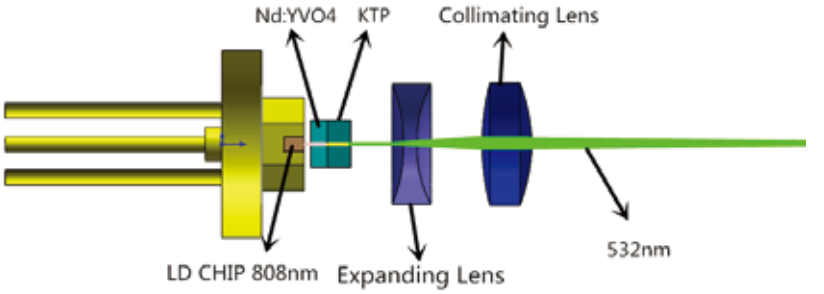


图1：DPSSL绿光激光器的出光原理示意图。

目前绿光激光器在市场中广泛应用。小功率 DPSSL 绿光最开始应用于激光笔、玩具市场，随着 LD 和晶体技术的逐渐成熟，其被广泛应用于草坪灯及水平仪市场。小功率 DPSSL 绿光激光器市场总量大概为 60KK/Y（1KK=100 万），其中水平仪占 45%，草坪灯占 20%，其他 35%。

808nm LD 作为泵浦源使用，目前国内已有多家厂商大量生产。

另外，近几年也出现了半导体 LD 绿光激光器，主要研发、生产厂家有德国欧司朗 OSRAM、日本夏普 SHARP 等公司。

欧司朗作为半导体绿光 LD 量产的先驱者，大约在 2015 年进入市场，推出 510nm/10mW、520nm/30mW、520nm/50mW 三款产品。这几款绿光 LD 的推出对原有的 DPSSL 绿光激光器市场产生了一定的冲击，其性能也得到了市场的广泛认可。2016-2017 年，水平仪行业对 LD 绿光激光器的需求量剧增，市场用量达到了 1KK/Y。

以 510nm/10mW 产品为例，主要光电参数如表 1 所示。

在绿光 LD 领域，夏普紧随欧司朗之后，于 2017 年下半年推出了 505nm/30mW 的绿光 LD。505nm/30mW 产品在水平仪市场逐渐被客户认可，并取代了部分欧司朗的 510nm/10mW 产品。2018 年，505nm/30mW 产品的市场用量

表1：欧司朗PLT5 510 (510nm/10mW)主要参数

项目	符号	最小值	典型值	最大值	单位
波长	λp	510	515	530	nm
功率	Po	-	10	-	mW
阈值电流	Ith	-	30	60	mA
工作电流	Iop	-	60	100	mA
工作电压	Vop	-	5.4	7	V

表2：夏普GH05030C2LM (515nm/30mW)主要参数

项目	符号	最小值	典型值	最大值	单位
波长	λp	508	515	530	nm
功率	Po	-	30	-	mW
阈值电流	Ith	-	30	50	mA
工作电流	Iop	-	-	105	mA
工作电压	Vop	-	6.5	7.5	V

表3：各绿光激光器性能比较

	中心波长	功率	优点	缺点
808nm DPSSL绿光	532nm	可定制	1、可视性好，颜色鲜艳明亮； 2、可根据需求定做不同光功率； 3、相比LD绿光发光效率高； 4、市场大量使用，价格有优势。	1、由于LD和晶体材料特性，温漂严重； 2、适用温度范围较窄，一般0~40℃； 3、使用时生产工艺较为复杂，需要外置PD； 4、体积大，使用场景受限。
欧司朗产品	515nm	10mW	1、适用温度范围宽：-20~60℃； 2、使用时生产工艺简单，同轴度精度高； 3、适用于各种小体积要求； 4、可作为三原色的绿光部分； 5、LD本身内部自带PD，可以APC驱动，使用中更加稳定。	1、目前LD绿光光电性能范围较宽，比如波长、电流、光功率差异等参数； 2、相比于808nm泵浦绿光激光器，LD绿光激光器的单价较高。
	520nm	30/50/80mW		
夏普产品	505nm	30mW	1、适用温度范围宽：-10~60℃； 2、使用时生产工艺简单，电流、功率等一致性得到进一步提升； 3、适用于各种小体积要求； 4、LD本身内部自带PD，可以APC驱动，使用中更加稳定。	1、相比于808nm泵浦绿光激光器，LD绿光激光器的单价较高。
	515nm	30mW		
	520nm	80mW		

达到了500K/M（50万/月）。随后2018年上半年，SHARP又推出515nm/30mW、520nm/80mW的产品，进一步丰富了其绿光系列产品线。

以515nm/30mW为例，主要光电参数如表2所示。

我们对以上介绍的几种绿光激光器做了一些优缺点对比，如表2所示。

随着研发水平和生产工艺的不断提高，各绿光激光器生产厂商必将推出更加完善的产品来满足各种市场应用需求。❑

IMTS 2018展上看增材制造领域的五大发展趋势

2018年9月10-15日在美国芝加哥举办的国际制造技术展览会（IMTS2018）上，增材制造部分的规模不断扩大，这显示了增材制造在制造领域正发挥着越来越大的作用。当然毋庸置疑的是，通过此次展会也让我们看到了增材制造领域的一些发展趋势。

1、聚焦生产

IMTS 2018展会上出现了很多专为高吞吐量生产而设计的产品，比如惠普面向金属零件批量生产的Metal Jet 3D打印机。集成材料处理和后处理的增材制造系统也很普遍。

2、汽车是一大终端市场

除了航空航天和医疗市场外，越来越多的增材制造商开始紧盯汽车市场。本次展会上，很多展商带来了用于汽车材料加工和汽车零件制造的设备。例如，通过金属打印系统制造的汽车摇臂；通过增材制造技术实现的更轻、更强大和功能更复杂的汽车零件。除了金属外，增材制造方式还能打印聚合物材料，用于汽车中的原型、工具和功能部件的制造。

3、软件多样化

衍生设计和拓扑优化软件是增材制造的天然伙伴，增材制造技术最适合制造这些软件创建的复杂结构。当然，增材制造商也很重视其他软件，比如用于流程模拟、订单管理和fleet控制的软件。例如Desktop Metal展示了其Live Parts衍生设计工具与Fab Flow，这是一个可定制的工作流工具，用于设计验证和订单管理。

4、3D打印机组件成亮点之一

随着用户对机器的期待越来越高，例如供应商正在突出个别部件的能力和质量，比如在外壳、框架和线性导轨等运动控制单元上，更加用心。Titan Robotics展示的Atlas 3D打印机，就突出了安川伺服控制驱动器的作用。供应商开始展示他们在组件级别上提供的定制化能力和为用户带来的优势。

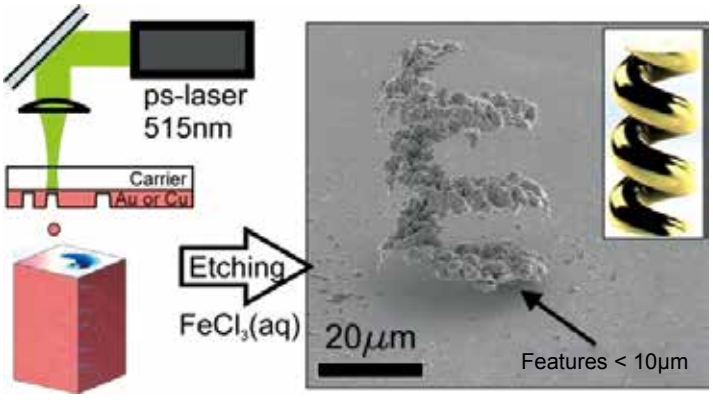
5、市场正在走向成熟

许多参展商都对展会参观者的知识水平给出了肯定，与此同时，参观者在此次展会上获得的关于3D打印技术方面的信息，比过去更加丰富，专业性更强，这使他们的购买意愿也更加强烈。供应商方面也在走向成熟，他们对市场和行业有了非常清晰的理解，更知道他们的产品要服务哪些应用。❑

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

新金属 3D 打印技术允许激光设备逐滴打印金属结构

荷兰特温特大学的研究人员开发了一种新型金属 3D 打印技术，该技术允许激光设备逐滴打印金属结构，包括纯金，打印精度可以达到几微米尺度。



这种新技术被称为激光诱导正向传输（又称“LIFT”），它使用超短激光脉冲来熔化纳米厚度薄膜中的微小金属。这形成了熔融金属的微滴，其可以喷射到目标位置后并固化。由于这种技术，研究人员能够逐滴构建一个带有铜和金微滴的螺旋微结构。这两种金属具有相似的熔点，在这种情况下，铜作为支撑，金可以在其上形成。

金属液滴的体积只有几个飞升（一万亿分之一）。制造液滴的方式是使用超短脉冲的绿色激光照射金属。这种精确的液滴产生使得结构能够精心构造，高度仅为几十微米，并且具有小于 10μm 的细节，具有最小的表面粗糙度（约 0.3~0.7μm）。一旦结构完成，研究人员就在氯化铁中使用化学蚀刻来完全去除铜支架。通过这样做，他们留下了纯金的独立螺旋复合材料。

创建完全独立和悬垂结构的能力对于打印复杂的 3D 设备至关重要。将 LIFT 与化学蚀刻结合使用，显示出了小规模生成这些类型结构的可能性。

LIFT 技术对于其他金属和金属组合也是一种很有前景的技术。研究人员期望将该技术应用于 3D 电子电路、微机械设备和传感中使用的材料上，例如生物医学应用。因此，这是一种非常小规模的强大的新型生产技术，也是迈向 3D 打印“功能化”的重要一步。❑

锐科激光 20kW 光纤激光器及其核心器件研发项目通过验收

近年来，光纤激光器在工业市场上的应用越来越广泛，但高功率市场基本都被外国企业把控。2016 年，湖北省技术创新专项重大项目“20kW 光纤激光器及其核心器件研发”的重任落在了锐科激光肩上。经过两年多的努力，这一项目于 2018 年 10 月 17 日通过了湖北省科技厅组织的专家验收。

据锐科激光介绍，在项目攻关的第一年，项目组自主研制了 20/400μm 大芯径掺镱光纤，用于 1.5kW 单模光纤激光器单元中，同时完成了该型光纤的定型转产，实现了进口替代，并开发了高功率光纤信号合束器样品。第二年则依托前一年项目成果实现了 1.5kW 单模激光器的定型转产工作、20kW 级光纤信号合束器的研制和测试工作，以及 20kW 光纤激光器的集成和测试工作。

这一项目在国内首次实现了 20kW 全光纤激光器的研制，填补了国内空白，打破了国外少数厂商在此项产品上的垄断，对我国掌握光纤激光器核心技术、实现大功率光纤激光器及其关键器件国产化、发展中高端光纤激光器产业具有重要意义。

实际上，国产 12kW 光纤激光器早已走向市场，但稳定性还有待提升。20kW 光纤激光器项目的验收，是国内企业的一大进步，期待能早日实现批量应用。❑

太赫兹波谱仪为进博会顺利召开保驾护航



上海理工大学庄松林院士团队联合上海海关研发的“太赫兹波谱液体检测仪”、“太赫兹波谱信件检测仪”让危险液体、信件无处遁形，为进博会的顺利召开保驾护航。

手持式探头对准瓶身轻轻一扫，0.1 秒内即可判断瓶内液体是否存在安全隐患；传送带探头对准信件轻轻一扫，就可知里面是否夹带变异生物种子、病毒、吗啡等危险物质。每种物质都有自己的波谱，就像人类的“指纹”一样，太赫兹波谱液体检测仪、太赫兹波谱信件检测仪只需要通过无损、无创、非接触的方式“扫一扫”，就能够分辨出不同的波谱并快速鉴别出该物质类型，就好像“指纹识别”一样，市面上现有的所有危险液体、危险物质，都难逃它的火眼金睛。这样的安检方式，提高了液体、信件安检的精度，加快了现场处置速率。

相比于传统安检仪，其小巧的外形还利于配合安检传输线，无需改装，节省空间，方便使用。这款太赫兹波谱液体检测仪是“血统纯正”的国产机，从整机系统到太赫兹芯片再到辐射天线等囊括了 70 多项专利。上海理工在太赫兹系统的原创技术研发方面已经走在了国际前列。

据了解，进博会结束后太赫兹波谱液体检测仪将在上海人民广场正式投入使用，这个“神器”，正在以科技的力量保护人们的安全。□

FISBA Innovators in Photonics

用于二极管激光器
精密准直和整形的
微光学器件

欢迎访问我们在美国西部光电展 Photonics West 的展台(编号1765)。

www.fisba.com

定制设计、原型开发和大批量生产，
确保产品能够快速上市。

面向数据中心的光子学

集成光学将遍布整个数据中心网络

文/Cyriel Minkenberg，Greg Finn，Nick Kucharewski

数据中心网络正面临着一个关键的转折点：电气互连的覆盖范围随着信号速率的增加而持续缩小，而商用交换机芯片（定义为现成的、基于硅芯片的交换机）的能力正在超过可插拔光学模块的能力。这就产生了光学带宽紧缩，从而阻止了最有价值的资产——服务器的最佳使用。

新兴技术承诺通过将光纤链路直接与交换机专用集成电路（ASIC）封装在一起来解决这些问题。在不久的将来，随着生产部署的规划，集成光学将使数据中心网络不再受成本、功耗、密度和体系架构等因素的限制，而这些都是限制传统光学互连解决方案的主要因素。

数据中心网络的状况

在过去的 10 年中，以太网生态系统已经走过了很长一段路程。网络设备高度垂直集成，基于专有的硬件和软件，性价比较低。由此导致的全球网络带宽紧缺，对工作负载的配置施加了强烈限制，并且与数据密集型工作负载的匹配也很差。事实上，网络门控的总体性能是提高服务器利用率的一个主要障碍。

废除网络生态系统中的垂直集成所必需的许多改变已经成为现实。[1] 这是通过深度解耦（disaggregation，将硬件从软件中解耦）和商品化来实现的，例如围绕商用交换机芯片建立的开源设计网络盒子、开源网络软件栈，以及软件定义网络（SDN）和可编程转发和数据平面的出现。

尽管有了这些改进，但是被稀缺的网络资源所制约的全球网络性能的根本问题依然存在。解耦带来了新的瓶颈，即成本负担从交换机和路由器盒转移到了光链路，因为光链路需要在具有仓库规模大小的数据中心进行互连。

商用交换机 ASIC 一直呈指数增长。自 2010 以来，通过增加通道数量和通道速率，单芯片容量每两年增加一倍。相反，光学模块则处于一个更加温和的增长水平。这使得两者在不同级别的应用中形成了明显的性能差距（见图 1）。

目前，单一交换机 ASIC 可提供多达 256 个通道，每个通道的速度达 50Gb/s。[2] 相比之下，光学模块严格集成在一起，目前最多提供四个通道。这种差异还反映在单位容量的相对成本上。对于交换机容量而言，相对成本下降快得多，在某些情况下，1 个机架单元（1RU）交换机接口的光学成本，就超过了单元本身的成本。

这种集成度的缺乏可归因于几个因素。首先，光学模块是复杂的微光学系统，包括来自采用不同技术的分立元件阵列，通常需要手工组装成光学电路。虽然硅光子学在收发器制造方面带来了改进，但是基于分立可插拔模块的部署模型并没有改变，这就消除了更实质性的集成优势。

另一个复杂因素是市场的分裂以及由标准和多源协议（MSA）定义的过多的光学接口，这对每个单独接口的规模经济都具有负面影响。

除了成本外，面板密度和功耗也受到可插拔收发器光学元件的限制。密度受模块（给定形状因子）的数量限制，该模块可以安装在 1RU 面板上。这种布局在一个小面积上集中了很多功耗元件，并阻碍冷却所需的气流。在 PCB 上，从交换机 ASIC 到面板安装的模块，它们产生的电信号将消耗大量能量。随着每通道信号速率的不断提升，需要更多的预处理和后处理来保持信号的完整性。

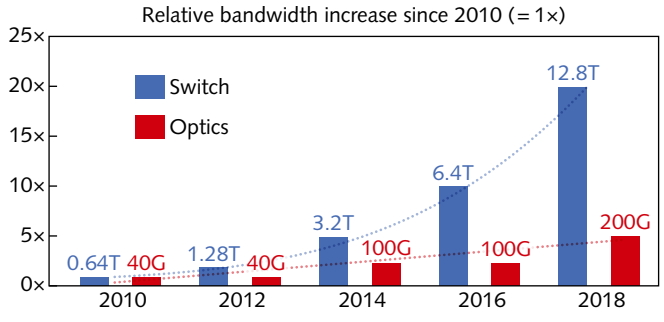


图 1：在过去的八年中，交换机 ASIC 容量的增长远远超过了光学模块容量的增长。这种不断扩大的差距也反映在单位容量的相对成本（每 Gbit/s 的成本）上，目前单模光纤模块的单位容量成本要比以太网交换机的单位容量成本高。

进入集成光学

为了缓解可插拔模块的瓶颈，可以通过将光学引擎和主 ASIC 一起封装到一个共同的衬底上，来实现高度集成（见图 2）。这通过限制电信号到封装内的距离来减少输入 / 输出（I/O）功率，通过增加每个光学子组件的信道数量、以及消除分立收发器封装和高速 PCB 迹线来降低成本，并使高密度光学面板连接成为可能。

这种 optoASIC 的实际实现需要：(1) 高密度、低成本的光子集成电路（PIC）和节能的驱动器 / 接收器电路，以实现光学引擎；(2) 封装技术，以在一个具有高容量交换机 ASIC 的单一封装中容纳大量这样的引擎；(3) 低功耗电气接口，用于连接引擎和 ASIC。

虽然集成光学的吸引力和技术可行性毋庸置疑，但是我们也需要考虑这种技术如何适应市场需求，以及它如何融入到现有的供应链和数据中心网络设备的商业模式中。[3-7]

硅光子学平台

硅光子学允许将许多不同的光学器件集成到单一硅芯片上。[7] 硅光子学平台和集成方法多种多样。当涉及到集成光学解决方案时，它们的效果非不等同。

为了易于制造，应该选择最佳的硅光子学平台。一个关键的发现是，使光进入和离开硅，是制造成本和复杂性的主要驱动因素。这一结论违背了几十年来缩减 CMOS 器件所形成的直觉。在光子学中，将波导的几何尺寸缩小到深亚微米范围，被证明与实现高吞吐量、高产量制造的核心目标背道而驰。

多微米波导平台比亚微米平台具有几个重要优势。大型波导平台对工艺变化的耐受性更高，能够实现更高的产量。大波导能实现无源对准结构，用于低损耗、高通量光纤对接。它们还具有较低的光学损耗和与偏振无关的性能，可以设计成单模，并且可以处理更高的光功率。这些特性也实现了波分复用（WDM），其能大幅提高带宽密度。

另一个核心优势是通过低损耗、高吞吐量的无源对准来集成其他材料系统的器件（例如基于 III-V 的光源）。



激光光学

新款扩束镜提供最高精度和光束稳定性针对高功率NIR 激光应用。共享卓越

Jenoptik的新款1X-8X高功率扩束镜，专门用于最高精度和产出的NIR以及UV应用。其独特的机械设计确保小于1mrad的光束稳定性，并结合高品质的融石英材质，低吸收的镀膜，以及洁净的组装工艺，使得kW级的应用成为可能，并提供最小的焦点漂移。

由于它可以允许最大9mm的输入光斑，
这款扩束镜适用于绝大多数高功率NIR激光加工系统。

METALEX 2018
Bangkok | Thailand
Hall 101,
Booth #BD09

www.jenoptik.com.cn/laseroptics

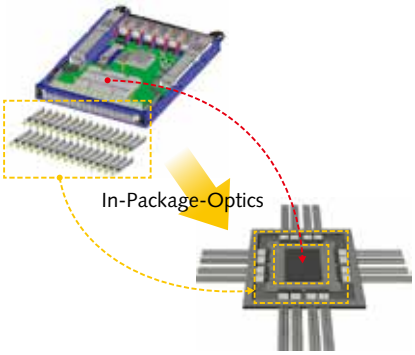


图2：传统的1RU交换机解决方案具有面板安装的单端口可插拔光收发器模块。集成光学实现了一种新的解决方案，其中交换机ASIC芯片和几个多端口光学引擎组装在一个共同的衬底上。低功耗电气I/O针对封装而优化，用于驱动光学引擎。所有高速I/O在光纤上进行上下传输，光纤直接连接到光学引擎和面板安装的高密度无源光连接器上。

接下来，尽管几何尺寸较大，但是可以制造紧凑的波导弯曲，实现紧凑的结构，以匹配 ASIC SerDes（在每个方向上在串行接口和并行接口之间转换数据的串行器 / 反串行器）和光纤阵列的密度（节距）。

另一个关键部件是调制器。与亚微米平台中所需要的 M-Z 型调制器相比，更大的模式尺寸能够使用更小和更节能的电吸收调制器（EAM）。这不但增加了带宽密度，还降低了功耗。此外，这些调制器可以由单级、低压 CMOS 驱动电路驱动，进一步提高了能源效率优势，并且能在超过 100Gbit/s 的速率下工作。

Rockley Photonics 公司已经为 In-Package-Optics solutions 开发了一个技术平台，展示了所有这些特性，并且实施了一个原型 optoASIC，演示了技术可行性和节能潜力（见图 3）。[8] 为了扩展到更高的通道数量并支持第三方集成，Rockley Photonics 设想了另一种基于 optoASIC 的架构，其支持将 CMOS 芯片与来自硅光子学供应商的多个光学引擎封装在一起（见图 4）。

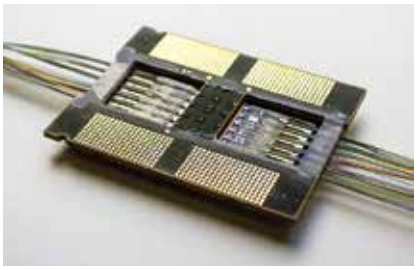


图3：Rockley Photonics公司的原型optoASIC包括一个Layer-3路由ASIC，带有12个100Gbit/s以太网端口、模拟驱动器和接收器电路，以及具有支持并行单模光纤的光调制器和光电探测器的硅PIC。光源在器件外部，光功率通过附加的输入光纤传送到传输PIC。每个100G端口（包括激光器）的总功率低于3W，比QSFP28收发器的典型功率低，而且还包括交换功能。

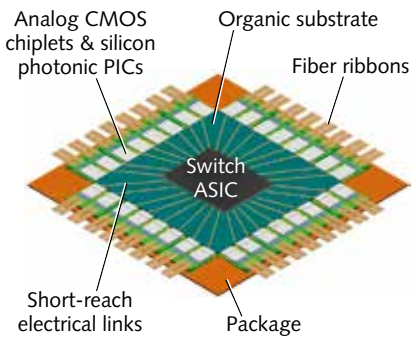


图4：为了实现第三方集成，optoASIC必须支持将CMOS芯片与来自不同供应商的光学引擎封装在一起。这需要密切协作和/或标准化，以确保在高速电气接口、光学管理接口、衬底材料、热管理和装配流程方面的互操作性。

对数据中心网络架构的影响

集成光学将通过产生更高通道数量的光学引擎、更低的总部件成本（更少的部件、更少的封装）、更少的组装步骤和高复合产量来降低光学链路的成本。集成还通过最小化用于电气 I/O 的能量来降低能耗。此外，消除面板安装的模块改善了气流，并增加了可以通过密集光连接器连接的光纤数量。

可能比改进成本、功率和密度度量更为重要的，是数据中心网络架构整体的潜在意义。一旦带宽 - 距离不再像过去那样是重要的约束因素，架构师将可以自由地朝着更有效的优化标准进行设计。

数据中心网络最终将从长期以来决定体系架构的带宽延迟产品的约束中解放出来。没有了这些限制，数据中心可以释放出全部的计算潜能。即将到来的集成光学时代，将为重新规划现有设计和发明全新的设计提供大量可能性，从芯片一直到整个数据中心。[9] optoASIC 革命才刚刚开始。❑

参考文献

1. J. Hamilton, “Data center networks are in my way,” Stanford Clean Slate CTO Summit, Stanford, CA (2009).
2. T. Prickett Morgan, “Feeding the insatiable bandwidth beast,” nextplatform.com (Apr. 30, 2018).
3. B. Arimilli et al., “The PERCS high-performance interconnect,” IEEE Hot Interconnects 18, Mountain View, CA, 75–83 (Aug. 2010).
4. K. Hasharoni et al., “A high end routing platform for core and edge applications based on chip to chip optical interconnect,” Proc. OFC, paper OTu3H.2, Anaheim, CA (2013).
5. A. V. Krishnamoorthy et al., J. Lightwave Technol., 35, 15, 3103–3115 (Aug. 2017).
6. M. Akhter et al., “WaveLight: A monolithic low latency silicon-photonics communication platform for the next-generation disaggregated cloud data centers,” IEEE Hot Interconnects 25, Santa Clara, CA, 25–28 (Aug. 2017).
7. C. Minkenberg et al., J. Opt. Commun. Netw., 10, 7 (Jul. 2018).
8. G. Reed and A. Knights, Silicon Photonics: An Introduction, Wiley (Mar. 2004).
9. N. Kucharewski et al., “Network architecture in the era of integrated optics,” Proc. OFC, paper M3J.7, San Diego, CA (2018).

新型激光器

蓝光直接二极管激光器扩展工业激光器的性能

文/Jean–Michel Pelaprat，Matthew Finuf，Robert Fritz，Mark Zediker

激光是一种灵活的工具，其能够将能量输送到精确的位置。许多工业应用都期望灵活且精确的能量输送，但前提是输送的能量足以完成任务。例如，焊接、切割和熔覆都是工业激光器的理想应用场景。然而，直到最近，只有红外（IR）激光器才具有足够的功率在这些应用中使用。

现在，美国 NUBURU 公司开发出了一种新型工业激光器，这是一种光纤耦合输出的高功率蓝光激光二极管（见图 1）。首款商用产品命名为 AO-150，是一款功率 150W 的 450nm 激光光源，其输出耦合到芯径为 200μm 的光纤中。

对于许多应用而言，蓝光激光器与红外激光器相比具有几个固有优势，这主要源于许多常见的工业材料在较短波长下的吸收增强（见图 2）。例如，铜和许多其他金属的焊接，在蓝光波段比在红外波段更加有效。用于增材制造（3D 打印）的许多材料，也可以在蓝光波长下实现更有效的处理。

蓝光用于材料加工的基本物理优势并不是什么秘密，但是其在工业领域的应用，不得不等待能够实现高功率蓝光激光发射的技术进步。

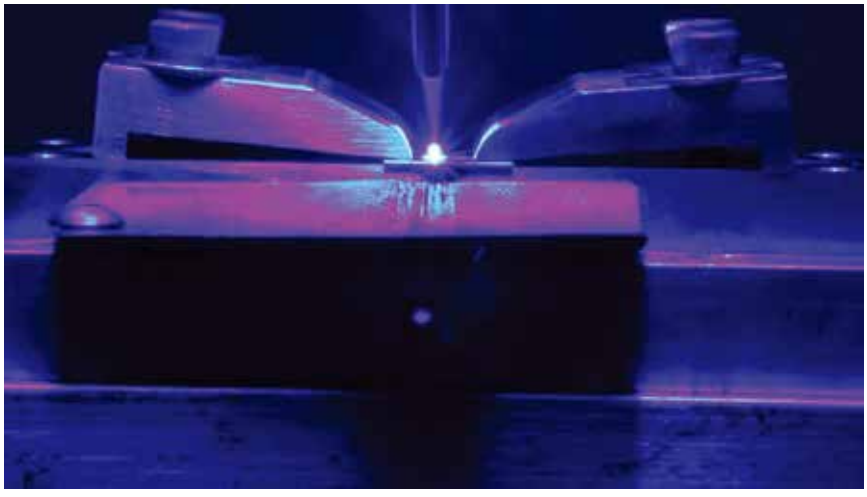


图1：对于许多材料而言，蓝光能比红外光更好地被吸收，从而实现更快、更好的激光材料加工。

实现蓝光发射

使用蓝光激光焊接的优点源于吸收的基本物理属性。任何提供足够光学功率的蓝光激光器，都可以利用这些固有的优势。缺乏的部分是实现高功率蓝光激光器的关键技术。

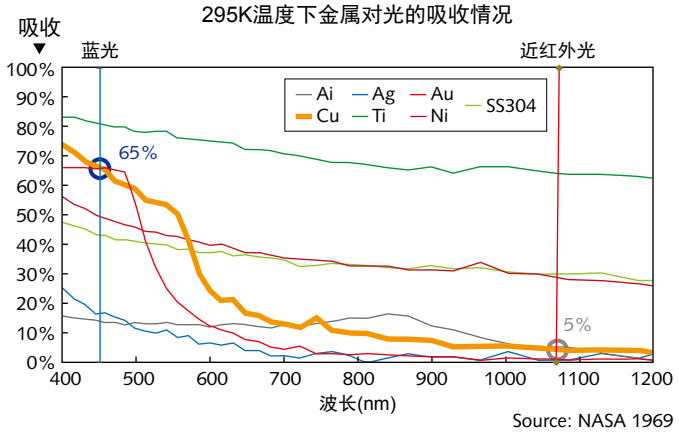


图2：图中给出了各种金属的室温光谱吸收率；数据显示，铜对蓝光（450nm）的吸收率比对近红外光高12倍。此外，大多数其他金属的吸收率在蓝光下比对近红外光高2-100倍。

第一个基本要素是激光二极管本身。基于氮化镓（GaN）的半导体技术已经获得了快速发展，这受益于对通用固态照明及相关应用的推动。其中一个例子是德国欧司朗公司制造的蓝光激光二极管多芯片封装（PLPM4 450），它在单个封装中集成了 20 个独立的多模二极管，总输出功率 >60W。AO-150 将四个独立封装二极管的输出组合。各路光束通过半自动

过程来主动对准。

与所有激光二极管一样，每个独立元件的输出是不对称的，因此每路输出最初都用快轴和慢轴准直器进行圆形化。这些微光学元件本身也在随着二极管技术的发展而不断成长。经过准直后，每路光束的发散为 1.5×4.3mrad。然后，各路光束与一系列图样化的反射镜交错，以填充来自每个芯片模块的间隙。利用宏观光学元件实现聚焦光束尺寸约为 130×225μm——光斑太大而无法有效耦合到芯径 200μm 的光纤中。

然后用一系列光学元件进一步调节光束，包括偏振光学元件，2.5× 圆柱望远镜和非球面耦合透镜。在光纤入射面处，有效数值孔径为 0.22，光束尺寸为 125×129μm。结果效率接近 95%，包括耦合效率和光纤损耗。如图 3 所示，输出光束轮廓调节良好且高度对称。

尽管 AO-150 设计能够以近 190W 的连续波（CW）运行，但交付的系统设置在 150W 输出功率下工作，以确保激光器的长寿命。稳定的机械和热设计，结合闭环水冷，产生的输出光束每 1000 小时的功率稳定性优于 3%。

该系统工程非常注重细节，也是期望在许多工业应用中，蓝光激光器可以胜过 IR 激光器。初步测试已经展示了该期望的有效性。

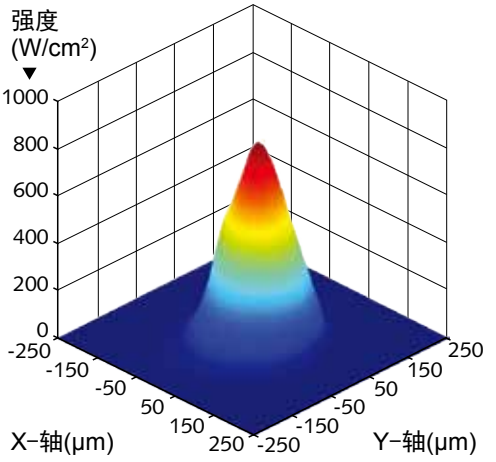


图3：光束轮廓显示AO-150的光纤输出端的光束对称，并且形貌良好，具备为各种工业应用提供高功率密度的基本特性。

焊接铜

铜是电子设备中的关键材料。在铜元件之间建立连接对于那些设备的功能至关重要。对于大批量产品，例如消费电子产品和锂离子电池，大量的连接需要高效灵活的工艺，如激光焊接。

铜对近红外光的吸收大约仅为 5%。因此，需要大量的红外激光功率才能引发铜熔化。一旦熔化开始，铜对红外光的吸收开始增多。这就意味着非常容易向熔池输送过多的能量，导致飞溅和空隙。简单地说，过多的吸收能量会导致低质量焊接，在成品件中产生较差的机械和电气性能。用于铜焊接的红外激光系统必须采用几乎不可能实现的一个狭窄的工艺窗口，其必须提供足够的能量以引发铜熔化，但是能量又不能过高而导致熔化的铜瞬间蒸发。

铜对蓝光的吸收是对红外光吸收的 10 倍多，从而建立了宽得多的工艺窗口。[1] 即开始熔化所需要的能量与维持焊接所需要的能量基本相同。这直接实现了蓝光激光器更高质量的铜焊接。

除了这种定性优势外，蓝光激光还具有定量优势。研究人员已经开发了各种操作技术，来补偿铜的 IR 焊接的不良性能；所有那些操作方法都增加了执行焊接所需要的时间（并且它们通常不能成功地用 IR 激光器产生高质量的焊接）。蓝光激光器能产生高质量的铜焊缝，加工速度可高达红外激光器的 2-10 倍。

这些优点在诸如锂电池制造等应用中非常明显。电池的功率取决于化学反应中涉及的表面积，因此锂电池通过将许多薄箔片结合在一起而使表面积最大化。因此需要将单独的铜箔连接在一起，但是接头的质量必须非常高。可以使用超声焊接连接这些箔片，但需要与超声焊接头接触，这增大了最小焊接尺寸并降低了制造灵活性。此外，超声焊接会产生不需要的微粒，并带来污染问题，可能会形成内部短路并降低电池性能。使用 NUBURU 公司生产的 500W 激光器 AO-500（将于 2018 年晚些时候推向市场），已经展示了 40 片 10μm 厚铜箔片的无空隙和无飞溅焊接。典型的蓝光激光箔焊如图 4 所示。

电池还需要在单个电池单元的外部连接引线和母线。这里可以使用红外激光焊接，但吸收问题引起蒸发和飞溅，产生空隙，降低电导率（从而降低电池效率）。同样，使用蓝光能增大吸收，加上非常稳定的激光输出使工艺控制成为可能，消除了蒸发和飞溅。

铜以外的材料加工

除了铜之外，这些相同的优点还延伸到了许多其他金属领域。此外，蓝光激光已经展示了“能够解决焊接异种金属的挑战性问题”的能力。焊接异种金属的问题之一是它们的光吸收和热性能的差异。例如，一种材料与另一种材料具有不同的熔化温度。当将这种复杂性再增加到控制 IR 激光焊接的工艺参数这一已经很困难的任务中后，焊接异种金属几乎无法实

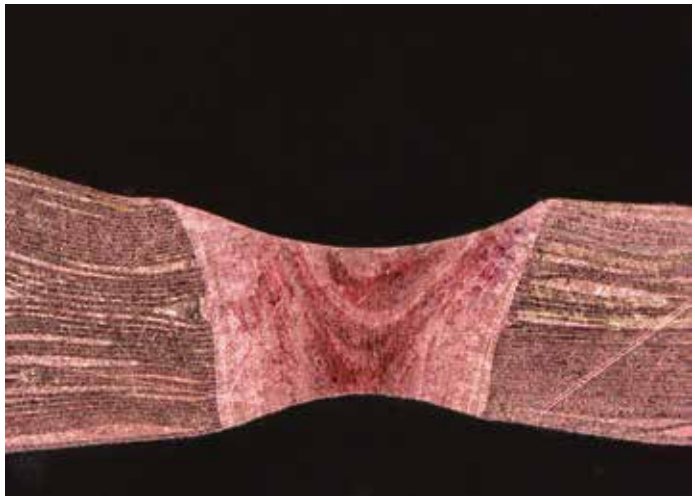


图4：图中显示的是横截面，使用蓝光激光将40片10μm厚的铜箔片焊接在一起。

现。结果导致具有金属间化物的焊接——结构和组成的变化，导致不稳定的机械强度和导电性。

蓝光激光焊接的宽工艺窗口，使这个问题更容易处理。例如，使用 AO-500 将铜焊接到铝上，或铜焊接到不锈钢上。前期结果表明，蓝光表现出与加工铜相同的定性和定量优势。也就是说，高功率蓝光激光器能以更快的速度，实现高质量的焊接。

除焊接外，蓝光激光器在增材制造应用中也具有独特优势。无论是用于粉末床激光烧结还是激光金属沉积，对蓝光增大的吸收都可以改善加工性能。根据材料的不同，使用蓝光可以提高 3-10 倍的制造速度。

展望

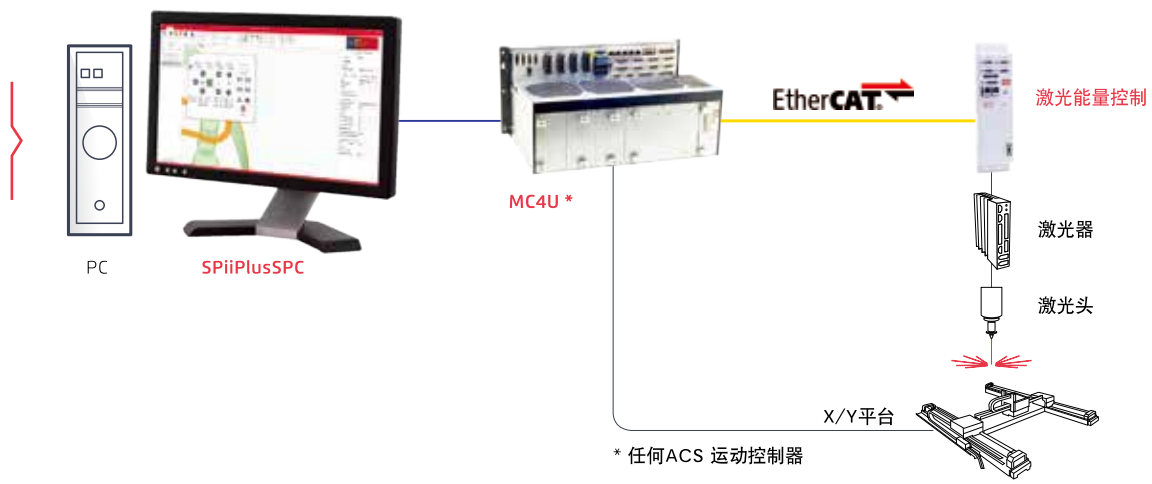
如前所述，150W 蓝光激光器已经展示了其在电池制造和其他消费电子产品制造中对焊接性能的改进。使用 700W 蓝光激光器的实验室测试表明，其在加工速度方面表现出相同的定性特征，加工速度提高了几倍。期待蓝光激光器能实现更多的应用可能。❑

参考文献

1. M. Silva Sa et al., Proc. SPIE, 10514, 1051407 (Feb. 19, 2018); doi:10.1117/12.2291716.

智能加工指令处理软件

运动和
激光控制
解决方案



ACS MOTION CONTROL

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

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

Smarter Motion

新能源应用

光纤激光器已经为新能源车市场做好准备

文/Nikolaus Wanke，IPG公司

新能源车产业涵盖了全球大趋势的所有特征。新能源车产业得到了国家政策、新技术以及产品和服务等各方面的支持，同时人们对电动自行车、电动摩托车、电动滑板车、电动汽车等更清洁的电动交通工具的接受程度越来越高，兴趣越来越浓。市场大趋势带来了机遇和挑战，企业要寻求改变来应对挑战，把握机会；这种趋势主要是由电动动力系统决定的。新能源车行业催生了众多现代自动化制造工厂、为人们提供了一种环保的交通工具，同时也为知名品牌和新兴市场参与者之间带来了高度竞争压力。



图1：环境保护：IPG面向新能源车行业的高效能光纤激光器。

竞争压力推动了对现代化机械与工厂工程以及先进材料加工工艺的需要。这些材料加工工艺需要快速、可靠、灵活、环保、节能。光纤激光器恰好满足上述这些要求。IPG 公司作为高性能光纤激光器的开发者和制造者，能够为机械与设备工程提供多种不同的解决方案与可能性。IPG 广泛的产品能够为新能源车制造商提供定制解决方案，同时满足第四次工业革命，即所谓的工业 4.0 的要求。

新能源车的市场规模越来越大，并且在未来仍然保持着上升态势。在过去的三年中，全球插电式混合动力汽车的年均增长率超过 50%。

虽然新能源车市场快速增长背后的主要贡献者是插电式混合动力汽车（PHEV）和纯新能源汽车（BEV），但是电动自行车、电动滑板车、电动摩托车、电动轮船和电动铁路系统数量的不断增加，也在推动电动交通工具市场的快速发展。

在市场参与者实现各自商业目标的推动下，新能源车市场将以指数速率急速增长。一方面，行业领先的 OEM 已经宣布，未来十年，新能源车产品将占据其销售额的 25%。另一方面，电池、电机等制造商也宣布他们将在德国、瑞典和匈牙利建立新的工厂，以补充美国、中国和韩国等地的制造工厂的生产能力。由于 OEM 的未来需求大于电池组制造商的计划生产能力，预计 OEM 也将在该领域进行额外投资，以实现他们自己的车辆生产目标。新能源车市场将迅速增长，这种增长将对光纤激光器产生更多需求。

第一方面：光纤激光器满足新能源车领域的成熟应用需求

对于新能源车行业中的许多不同的生产和制造过程而言，光纤激光器必不可少，特别是对于包括电池和电机的电力传动系统的制造。电池的生产可分为电芯、模组和 Pack 装配，其中很多所需的生产工艺，例如焊接、切割、打标和剥离等，都是使用功率范围从几瓦到几千瓦的光纤激光器实现的。

焊接和切割是新能源车制造（如锂离子电池制造）中



图2：IPG可靠的激光技术和短的焊接时间：在电机定子制造中的铜端子焊接。

应用最广泛的激光加工。

电芯中的铝箔和铜箔，必须被切割、分离。IPG 的光纤激光器能够满足这项应用的所有要求：

- 高速加工
- 无毛刺
- 无余层区域的金属暴露
- 切口处无熔融附着物
- 无热影响区

光纤激光器远程切割工艺的优点可归功于脉冲光纤激光器的高光束质量和高脉冲重复频率。IPG 纳秒脉冲光纤激光器，是满足精密切割应用要求的理想选择，同时也是打标和表面处理应用（如二维码打标、端子漆层剥离）的理想工具。

光纤激光器能够满足新能源车生产加工过程中的多种焊接工艺要求。电池极耳、电力电子、电池密封和电池模组的焊接，都是光纤激光器在新能源车领域的焊接应用中的一小部分。IPG 高性能连续光纤激光器配备精选的焊接头，在上述提到的应用中取得了优异的应用效果。

下面的例子突出了光纤激光焊接技术在新能源车应用领域的优点。在电机定子制造中的铜端子焊接，提出了以下几点加工要求：

- 焊接部位多
- 工艺稳定性高
- 焊接搭桥能力高，高度与位置失配容错性优
- 焊接时间短
- 可靠性高

IPG 千瓦级光纤激光器能很好地满足上述这些要求。

重点：许多实验研究已经表明，光纤激光器克服了铜焊接中存在的所有已知问题。

光纤激光器也可用于其他材料加工领域，例如铝箔和铜箔的表面处理，以提高电池的容量。此外，电池上通常需要打上二维码作为一种零件追溯手段，用于提供在自动化生产线中使用的电芯信息。使用纳秒脉冲光纤激光器，能很容易且快速地在电芯上标记二维码。光纤激光器还将服务于轻量结构以及诸如造船厂和运输业等其他使用电力传动系统的行业。

第二方面：光纤激光器的特性满足新能源车驱动装置

光纤激光器由于自身优势且满足



图3：光纤激光器在新能源车领域的成熟应用及其优势。

顶尖 PINNACLE
Your Strategic Partner in Photonics

Sprout 连续绿光激光器 Sprout Solo：
•单纵模（单频532nm）输出
•紧凑型激光头，带有密封外壳，使用寿命长
•LocklTM光学元件安装，可实现永久激光对准
•长寿命泵浦二极管泵浦光纤耦合于激光头中
•具有噪声消除技术的超低噪声选项<0.02%rms
•出色的长期功率稳定性<24%小时均为0.5%rms
•电源中集成了专用的闭环TEC冷水机
•5, 6, 8和10 W版本



美国Lighthouse Photonics公司成立于2009年，是一家高性能、高性价比的二极管泵浦固体激光器(DPSS)激光器生产先驱，产品应用于科研、医疗、工业加工等多个行业；产品包括Sprout™高功率，连续二极管泵浦固体激光器(DPSS)可作为钛宝石振荡器，超快，飞秒，皮秒以及连续激光器的泵浦源。

欲了解更多信息，请关注我们：
(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（中国）股份有限公司
Pinnacle Scientific Pty Ltd
+86-571-88225151 | sales@psci.cn | www.psci.cn

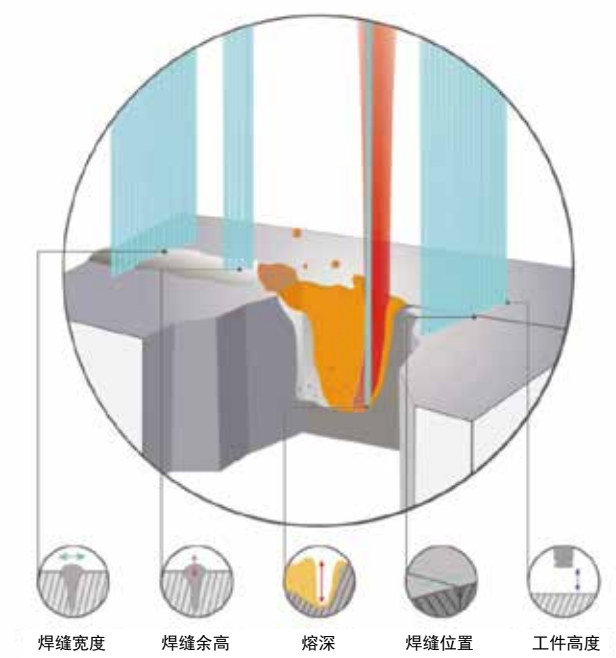


图4：LDD-700焊接全过程监测系统与IPG的所有焊接头和摆动头兼容。

必要的要求，已经成为新能源车生产线上材料加工中的一个不可或缺的组成部分。除了这些应用外，当前的新能源车市场还必须考虑以下几个业务特性：

- 高竞争压力
- 高成本压力
- 大规模生产
- 采用环保手段

新能源车需要大规模生产以满足市场需求，因此，在生产和制造工厂中的工具和设备必须稳定可靠，并且具有高生产率和低运行成本，以在市场中获得竞争力。光纤激光器由于其光束特性和高加工速度，能够实现高生产率。使用其他激光器或技术，也可以满足这些要求，但是新能源车市场因为某些关键部件的高成本而涉及成本压力。与此同时，新的市场参与者，特别是来自亚洲和美国的企业，也加剧了市场竞争压力。而且，目前看来电池组件是电力传动系统中最昂贵的部分。不同于其他技术和其他激光源，光纤激光器不需要额外的保护气体，免维护。因此，在大规模生产线中部署光纤激光器是一种明智选择。

新能源车提供了一种环保出行的选择，其背后也需要以环保的手段进行制造。这种环保手段需通过现代化、高能效的材料加工方式来实现。IPG 的光纤激光器为高功率工业激光器提供了超过 50% 的创记录的转换效率。

更高的能源转换效率带来更低的能源使用成本。总之，光纤激光器将有助于新能源车制造商实现大规模生产，保持竞争力，实现环境目标和合规性，这主要得益于光纤激光器的以下优势：

- 快速且可靠
- 免维护
- 不需要额外的气体
- 高电光转换效率（> 50%）

第三方面：新能源车涵盖机械与设备工程以及工业4.0

新能源车需要机械与设备工程以及工业 4.0 去实现现代化、具有成本效益的自动化节能生产线来保持竞争力。光纤激光器能够满足机械与设备工程和工业 4.0 的要求吗？事实上，IPG 光纤激光器已经为新能源车应用做好了准备：光纤激光器相比于其他技术，拥有更加紧凑的设计，非常易于集成到用户的设备或生产线中，并且还提供多种接口选择。通过这些接口，用户可以对多个独立的自动化生产过程进行很容易地连接和编程，控制所有的激光功能，使用简单、安全。通过增加诸如摆动焊接头和光束整形模块之类的工具来满足特定的应用需求，这进一步扩展了光纤激光器的灵活性。因此，IPG 光纤激光器可以为材料加工和生产以及制造工厂提供许多不同的甚至是定制的解决方案。光纤激光器同时具备监测能力，可轻松连接和集成。例如，IPG 内联焊接全过程监测系统 LDD-700，将激光焊接监测能力提升到新的细节和精度水平。它可以监测熔深、焊缝位置等其他重要参数。

这些测量对新能源车的生产过程至关重要。例如，因为电池只能在完成模组装配后才能进行测试，因此，需要在电池焊接过程中对焊缝质量进行监控。所有的监控特性和多个接口，帮助用户构建具备工业 4.0 水准的制造工厂。

第四次工业革命——工业 4.0，是另一个大趋势。它定义了现代自动化制造技术，包括云、信息化的实体系统和物联网等。新能源车生产制造工厂的目标是利用一切机会和优势，实现工业 4.0 标准。光纤激光器与所有提到的工具相结合，配备多种接口，提供将光纤激光器（系统）与整个制造环境连接和数字化集成的机会。IPG 光纤激光器用户，有机会连接和开发不同的数字化解决方案。

总之，新能源车正在变革交通行业，而 IPG 光纤激光器将为这种改变推波助澜。❑

面部识别

3D TOF 相机技术提升面部识别的准确性和安全性

文/Gail Overton

就像光探测和测距（激光雷达，lidar）可以用来区分卡车在靠近移动车辆的一侧，而不是将其蓝色误认为是遥远的晴空一样，飞行时间（TOF）成像相机可以确保面部识别系统区分实际的三维（3D）面部和面部的 2D 视频或照片。瑞士 Espros Photonics 公司使用其 epc660 TOF 成像芯片，并经过仔细校准，正在构建具有高空间精度和深度安全性的 3D 面部扫描系统。[1]

2D与3D成像仪

传统上，使用 2D 成像仪获取面部识别数据。如果需要额外的 3D 数据，则要识别的人必须转动他 / 她的头部，使得成像算法可以提取 3D 数据作为附加的观察和识别参数。也就是说，这些算法可以通过从（略微）不同的视角拍摄两张 2D 图像，并应用获取可用于计算 3D 图像深度信息的相关算法（见图 1），来确定图像是否为面具或 2D 照片，而不是鲜活的人脸。

当此识别相机查看显示具有此 3D 数据信息视频的屏幕时，问题就开始了。在这种情况下，锁定系统不能区分真假。通常，通过使用两台 2D 相机，两台相机可以由两张 2D 图像馈送，然后识别算法计算 3D 图像，并将该图像与存储的关键数据进行比较。如果图像匹配，则设备解锁。

幸运的是，TOF 成像仪通过记录被扫描对象的逐像素距离信息，来完全避免这些安全问题。例如，鼻子在面部延伸的距离大于眼睛。为了收集该数据，TOF 相机可以基于时域数据，确定 3D 模型是静态面具还是活人。

TOF相机校准

使用 epc660 TOF 芯片、镜头，以及垂直腔面发射激光器（VCSEL）或基于 LED 的照明系统，Espros 公司已开发了 DME 660 3D TOF 距离测量相机，QVGA 分辨率为 320×240 像素，94° ×69° 视场，最大工作范围 10 米。利用 36MHz 调制频率以及开源硬件和软件，每秒可收集超过 156 张 TOF 图像，距离分辨率为 0.13mm，量子效率在 940nm 处超过 50%，100%填充因子，无微透镜。

为了获得最佳的图像质量，3D TOF 摄像机的校准和补偿必不可少。[2] 相机中存储了许多校准参数，用于每个像素，包括暗信号偏移、增益以及色彩校正。由于像素阵列不同部分之间的布线长度差异，物距对 10~100ps（分别为 1.5mm~1.5cm 的距离变化）量级的信号延迟敏感，因此需要校准距离误差，该误差也是温度的函数，即硅中的电子迁移率与温度高度相关。



图1：飞行时间成像为面部识别增加了至关重要的深度值，确保可以识别出真实的3D面部，而不是平面2D照片或视频。

Espros 使用集成在其 TOF 图像传感器上的片上延迟锁定环（DLL）功能进行相机校准。这里，DLL 能力通过在模拟目标距离变化的调制或解调路径中添加时间延迟，来引入“虚拟”距离偏移。不需要在线性平台上使用移动物体，只需要一个 30cm 长的无源校准盒，它可以保护摄像机免受环境光线的影响，并在传感器前面提供平场照明的光学参考平面。

“通过 DLL 的照明信号的逐步延迟，在光信号的调制和解调之间增加了相移，”Espros 公司首席执行官 Beat De Coi 说，“这种调制路径延迟基本上等同于物点的距离变化，允许在传感器上进行逐像素校准。”❑

参考文献

1. See https://goo.gl/VEnFHp.
2. See https://goo.gl/JuehKu.

制造光子学

新数据中心时代光子学制造面临的挑战

文/Yi Qian

互联网流量以指数增长，产生的数据非常庞大，数据中心对于通过云计算方式支持最终的数据通信、存储和处理需求至关重要。光子学器件在这些数据中心中发挥着重要作用，这反过来也对光子学大批量制造（HVM）提出了重大挑战。

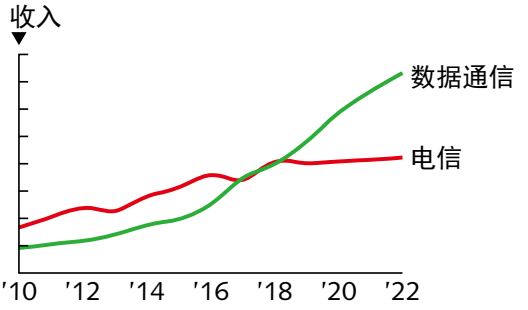
思科最近的一项研究表明，全球IP和全球数据中心的流量都在以大约25%的复合年增长率增长。新兴应用的激增，如物联网（IoT）、视频流、3D传感、智能汽车、虚拟现实（VR）和增强现实（AR），已经对带宽进而是新的数据中心产生了更多需求。预计到2020年，50%的数据中心将处于超大规模水平，这意味着它们的架构将具备能够随着系统需求的增加而适当扩展的能力。在未来的三年中，每年将建立大约40个超大规模数据中心。

光子学对于带宽增加至关重要，过去带宽增加受电信市场的推动，现在的驱动力更多地来自“由于数据中心业务的迅猛增长而推动的数据通信”。图1分别显示了电信和数据通信领域的光收发器的全球销售收入情况。关键的拐点出现在2017-2019年，来自数据通信领域的收发器收入超过了电信领域的收发器收入。该项研究还预测，未来数据通信市场将呈现出更高的增长率。

数据通信的挑战

随着数据中心需求成为新的增长引擎，光子学行业感受到来自服务新数据中心业务模式的挑战，这种业务模式与传统电信模式截然不同。表1总结了以电信和数据中心为中心的两种商业模式之间的主要差异。影响光子学制造的最关键因素包括高产量、低可见性预测、快速创新、快速响应和低成本。

从历史上来看，光子学产业曾受到电信业的强烈影响，电信业拥有大量的现场部署。由于恶劣的运行环境（工作温度-40~85°C，相对湿度高达85%）以及系统部署和维护的高成本，每个电信升级周期都很长，且需要经过精心规划。从运营商到设备提供商和组件供应商的年度预测可见性，相当明晰。在电信行业漫长的周期中，可以接受复杂且昂贵的光子学元件。光子学制造商有更多时间来规划和响应客户需求，器件数量并不像我们最近从数据中心业务中看到的那样高。



Source: LightCounting April - 2017

图1：全球数据通信领域的光学收发器收入超过了电信领域的光学收发器收入，其背后的主要驱动力是数据中心需求的增长。

数据中心业务在受控环境下，例如在温度和湿度受控的建筑物中（即0~55°C，相对湿度40%~60%），运行其大部分网络。大部分资本支出都在土地、建筑物和布线上。大部分运营费用花费在能源消耗和环境控制上。

表1：光子学产业两种终端客户商业模式的比较

新的基于云的数据通信模式	传统的以电信为中心的模式
• 受控的运行环境	• 恶劣的运行环境
• 光子学安装成本低	• 光子学安装成本高
• 每3–5年升级一次	• 设备寿命超过20年
• 高容量	• 中低容量
• 可预见性差	• 良好的可预见性
• 快速的项目加速和拖尾	• 缓慢的项目加速和拖尾
• 创新步伐快	• 创新步伐慢
• 对光子学成本极为敏感（<1美元/Gb每秒）	• 对光子学成本的敏感度降低（现场服务是目前的头号成本）

光子学组件是资本支出和运营费用中相对较小的一部分，然而，通过向云客户销售带宽，光子学组件成为创造收入的一个重要贡献者。

在室内这样的受控环境中，升级并不昂贵。在总资本支出和运营费用中，低替换成本加上低百分比的光子学元件，使得数据中心提供商可以为已有数据中心提供三到五年的升级周期。对于每次升级，都希望使用最先进的光子学技术，这些技术可以提供当时最大的可能带宽，从而从同一建筑物最大限度地获得收入。

由于新的数据中心建设项目从土地调查和购买开始，包括地方政府的批准，数据中心提供商很难准确预测特定数据中心项目的启动时间。这大大降低了光子学元件供应商的可预见性。另一方面，一旦项目获得批准，数据中心提供商自然希望快速建设并迅速增加收入流。通常经过两到三年的建设，新的数据中心将随时准备安装最先进的光子学装置，可以在第一天就产生最大的收入潜力。

最后，快节奏的创新为数据中心应用的光子学制造带来了高度混合和大批量的双重挑战。从 10G 升级的 40G 收发器是过去几年的主要活动（见图 2）。现在，100G 正在超越 40G 成为新容量部署的领先技术。与此同时，200G/400G 解决方案也处于原型设计和小批量阶段。所有这些不同的技术和产品将需要共存一段时间，

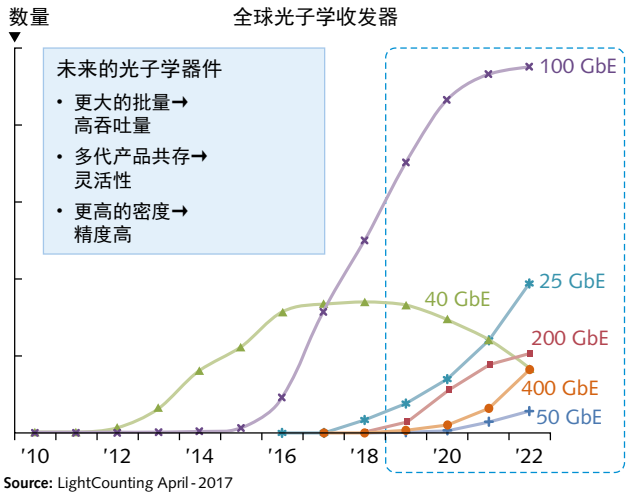


图2：图中显示了由快速创新和多代产品共存驱动的光子学制造的大批量和高度混合特性。

光学引领未来



新品

TECHSPEC®

Nd:YAG谐波分离器

- 用于分隔 Nd:YAG 谐波波长
- 分光镜镀膜透射率 >95%
- λ/10 熔融石英基片

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

Edmund optics | china

欲了解更多信息，请点击此处:
www.edmundoptics.cn/118-8615

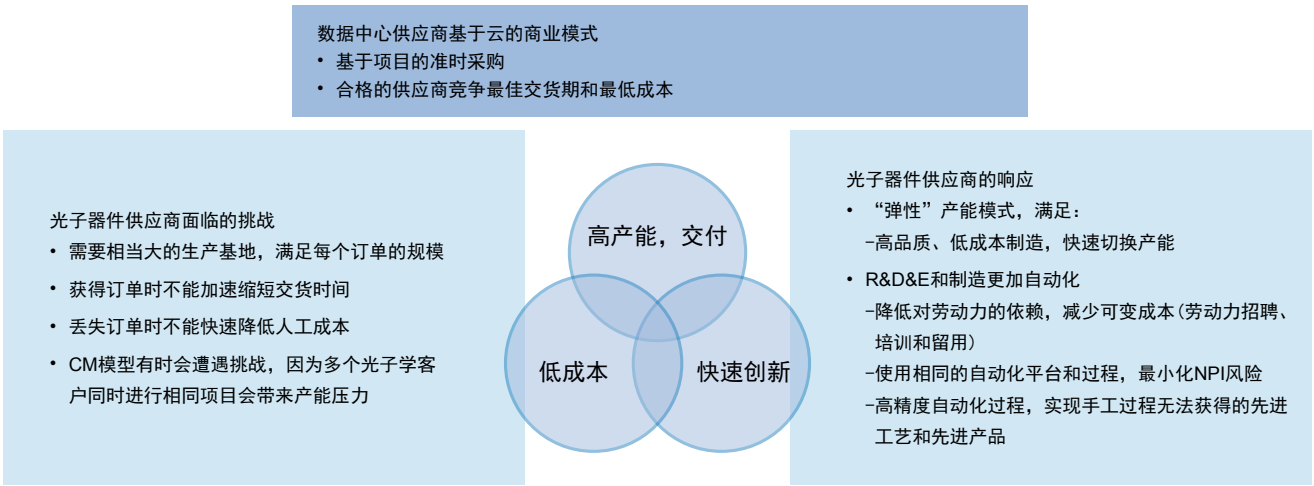


图3：图中显示了数据中心业务的挑战，以及光子学制造的潜在响应。

并且必须通过相同的光子学生产车间生产。

机遇与解决方案

新的基于云的数据中心业务模式，在带来挑战的同时，也带来了机遇。光子学行业如何应对这些挑战？应对这些挑战的关键是自动化。

光子学器件供应商确实需要采用弹性生产模式，该模式可以提供大批量、高质量、低成本的制造，并且具有非常快速的切换能力，用于数据中心的即时模式，包括较低的可预见性（见图 3）。自动化可以快速提升产量，而无需担心大批量人工生产所需要的大量培训。自动化还可以降低对劳动力的依赖，从而降低可变成本，特别是在停机期间。此外，自动化可以最大限度地降低新产品导入（NPI）的风险，因为制造商可以在开发和制造阶段之间使用相同的自动化平台和流程。此外，高精度自动化工艺能够生产人工无法生产的先进产品。

目前，光子学制造业面临的最大挑战是，如何处理大批量和高度混合生产。产品的高度混合通常来自NPI，或来自不同产品之间的转换，这导致难以实现大批量生产，因为配置不断变化，无法提升产量。

解决这个问题需要灵活、高速的自动化。从历史上来看，将灵活性和高速结合起来对自动化设备而言一直具有挑战性。案例研究将表明，通过自动化行业的创新，可以在不牺牲灵活性的情况下实现高速生产。

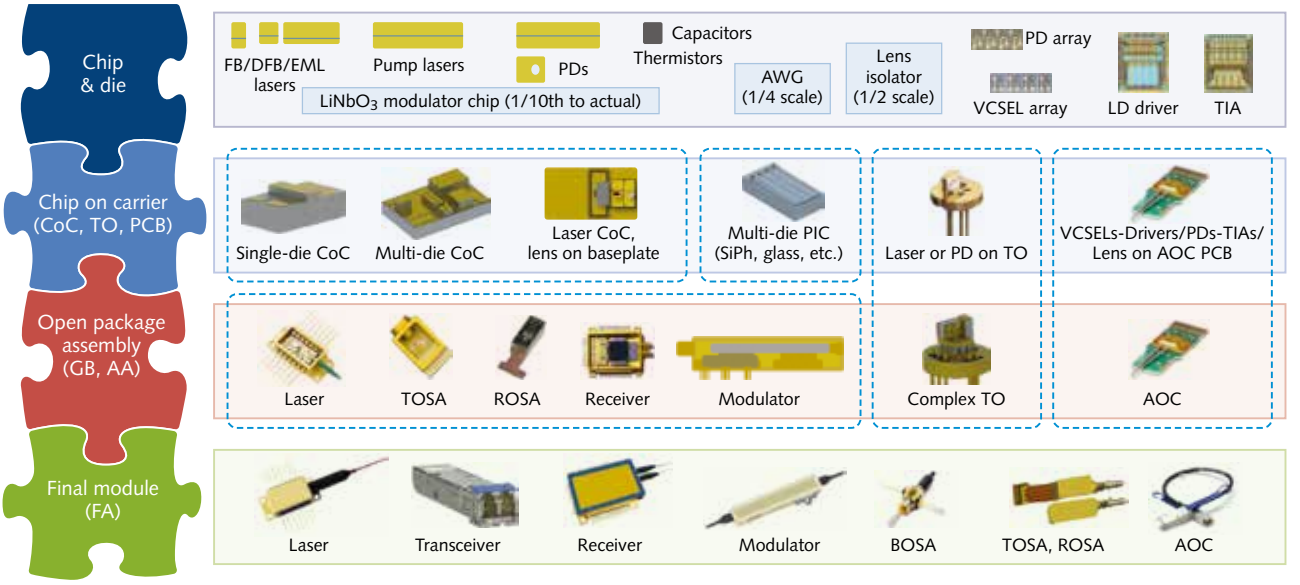


图4：图中显示了光子学制造中的各种部件和自动化工艺组的范例。

灵活的高速键合自动平台

为了说明我们对自动化解决方案的理解，这里给出一个案例研究来处理一种关键的制造工艺——芯片键合。图 4 是通常必须用光子学制造的各种部件。这些部件的种类来自不同类型 / 代的产品，以支持广泛的数据中心通信网络。不同的成品有几个主要的工艺步骤：

- 对于 Gold Box 产品，例如带有高功率激光器的收发器，通常先进行载体 / 底座上的芯片（CoC/CoS）键合，然后将 CoC/CoS 键合到共用底板上，用于封装前镜头 / 镜片连接。最新的趋势是需要通过共晶或环氧树脂键合，将更多的芯片或管芯（如激光器、电容和热敏电阻）连接到公共载体上。
- 对于有源光缆（AOC）和板载光学元件（OBO）等 PCB 级产品，管芯直接连接到 PCB 上。需要在 PCB 上连接多个管芯，例如垂直腔面发射激光器（VCSEL）阵列、光电二极管（PD）阵列、激光驱动器和跨阻抗放大器（TIA）。从历史上看，最终的镜头连接是通过主动对准来完成的，但现在越来越多地使用无源芯片连接完成，并具有高速、高精度（3μm）芯片键合设备的可用性。
- 对于 TO-CAN 型产品，激光芯片和其他管芯在 90° 翻转后连接到 TO 基座或垂直接杆上。为支持即将推出的 5G 无线部署，波分多路复用（WDM）激光器和电吸收调制激光器（EML）采用低成本 TO-CAN 封装。由于需要连接许多管芯，这些 WDM/EML-TO 比传统的 TO-CAN 封装要复杂得多，后者只需要处理 1-2 个管芯。
- 对于硅光子学，更多工艺正在从 CoC 形式转变为 chip-on-interposer 和 chip-on-wafer (CoW)。目前还有许多尚未确定，但未来将依赖于越来越多的晶圆级集成。

图 5 是如何组织自动芯片键合工具和工艺以优化效率的示例。图 5 中有三列：左侧列出了用于研发和中小批量生产的一体式芯片键合机；中间列出了与图 4 中一致的工艺；右侧列出了 HVM 专用柔性高速键合机。

以下是了解这种方法将如何有助于应对前文讨论的光子学制造挑战的三个关键点：

- 通过消除在开发阶段已经合格的控制或工艺的变化，硬件和软件级别的通用平台可以显著降低 NPI 风险。在 R&D/NPI 阶段，一体式芯片键合设备可用于开发多种类型的产品。这些自动机器可以在一台设备上处理多种类型的管芯和工艺。它们的速度也足够快，可以为设计和制造工艺的验证进行小到中等水平的批量生产。一旦需求出现并需要大批量生产，生产线就可以组织成特定的工艺组。
- 大批量、高度混合的光子学制造，需要灵活的大批量机器，这些机器可通过单台为一个或多个工艺组覆盖多种管芯、工艺和产品。通过引入超快共晶模块，并部署多级并行处理来优化速度和吞吐量，例如将材料处理与管芯键合步骤分离，并且在零时间浪费的情况下在运行中集成工具更换。
- 需要为下一代产品构建 HVM 设备，以实现并行的快速创新。在此示例中，3μm 放置精度是使用 >5μm 放置精度的目前主流光子学工艺的进步。除了实现新产品之外，管芯键合的高精度还通过在工艺中尽可能早地收紧装配公差，来提高制造当前产品的工艺产量。

总之，高速自动化平台不会牺牲灵活性、准确性或可靠性来实现全天候生产，这对于解决大批量、高度混合的光子学制造至关重要。R&D 和 HVM 之间的通用平台，以及面向未来的精密度，对于快速创新和降低 NPI 风险，以及提高 HVM 中的生产率、并降低成本，也是至关重要的。❑

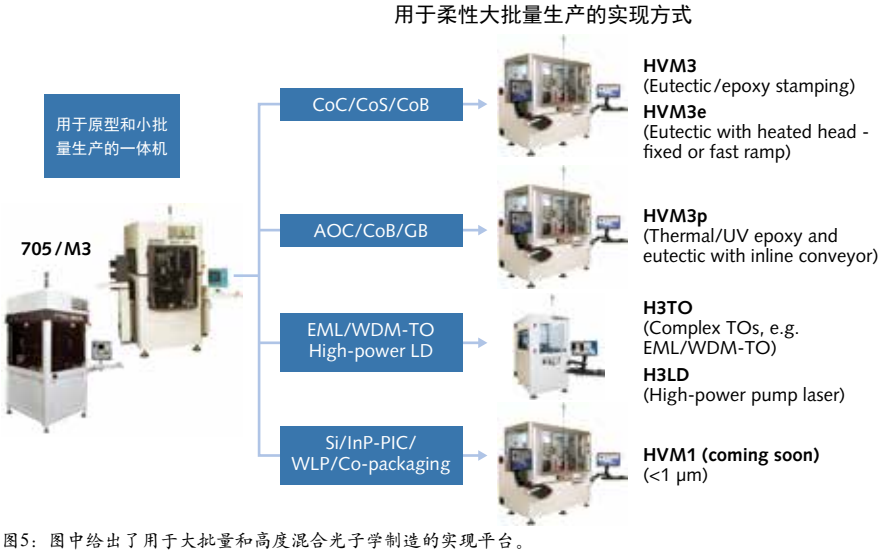


图5：图中给出了用于大批量和高度混合光子学制造的实现平台。

如何选择激光器

如何为拉曼光谱应用选择激光器

文/Håkan Karlsson，Elizabeth Illy

在拉曼光谱中通常使用许多不同波长的光，波长范围从紫外（UV）到可见光和近红外光。为给定的应用选择最佳照明波长，并不总是那么简单明了。必须考虑许多系统变量来优化拉曼光谱实验，并且其中一些因素与波长选择相关。

首先，拉曼信号本质上非常弱。它依赖于样品材料中的光子 - 声子相互作用，这通常是百万分之一的事件。另外，拉曼散射强度与照射波长的四次方成反比，这意味着在较长波长处的照射，将导致拉曼信号快速减弱。

此外，探测灵敏度还取决于波长范围。用于拉曼信号探测的常用非制冷硅基 CCD 器件的量子效率，在超过 800nm 后下降得相当快。对于更长波长的照明，可以使用铟镓砷（InGaAs）阵列器件（见图 1），但这些器件具有较高的噪声水平（和成本），因此灵敏度较低。另外，还要考虑空间分辨率。拉曼成像应用中的空间分辨率受照射波长的影响，因为衍射极限的激光光斑直径由 1.22(λ/4) 决定，其中 λ 是照射波长。

更短波长激光器：可见光或紫外?

拉曼信号强度、探测灵敏度和空间分辨率的波长依赖性，似乎都指向使用较短波长照射（UV 和可见光），而不是较长波长（近红外）。然而，更短波长照射需要克服的主要挑战是：荧光发射。当用紫外 - 可见光激发时，许多材料倾向于发射大量荧光，并且这种荧光背景倾向于消耗较弱的拉曼信号。

一种用于避免荧光影响的建议方法称为偏移激发拉曼差分光谱（SERDS）。该方法依赖于用两条轻微光谱偏移的激光线记录两个拉曼光谱，然后将它们相减。以这种方式，可以消除大部分不强烈依赖于波长的荧光信号。

对于某些材料，通过在 UV 光谱范围内使用甚至更短的波长，可以有效地避免荧光的影响（见图 2）。尽管 UV 光倾向于激发强荧光，但它通常以高于 300nm 的波长发射。这开启了激发和记录低于 300nm 的拉曼信号而不受荧光影响的机会，因为拉曼信号记录非常接近照射波长。

然而，在选择照射波长时，要考虑的另一个重要因素是合适的激光源的可用性。必须考虑尺寸、性能、稳定性和成本等因素。例如，紫外激光器仍然相对昂贵且笨重。紫外照射的另一项挑战是紫外光子的高能量可能对样品具有破坏性，特别是对于固相材料而言，另外紫外增强 CCD 相机的成本很高。因此，在许多情况下，红光或近红外激光（660~830nm）仍然用于拉曼光谱中的荧光抑制，即使近红外的拉曼散射效率要弱得多。

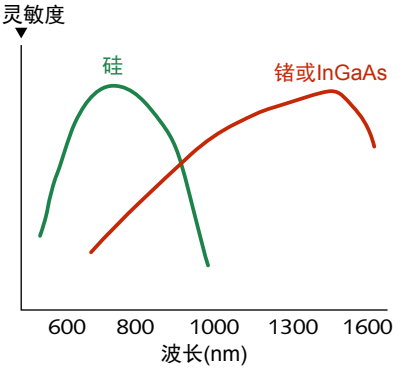


图1：硅（Si）和InGaAs光电二极管的探测器灵敏度与波长的关系。

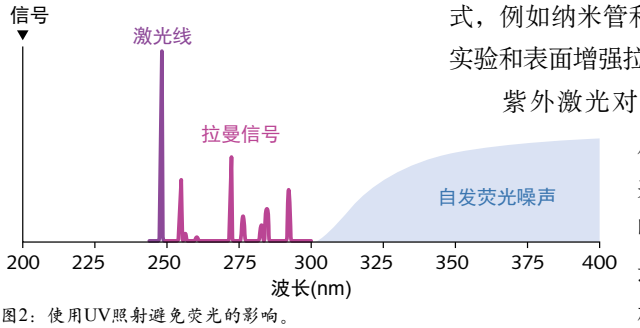


图2：使用UV照射避免荧光的影响。

考虑到所有这些方面，拉曼光谱中最常用的波长是 785nm。该波长通常在散射效率、荧光影响、探测器效率以及具有成本效益和紧凑的高质量激光源的可用性之间提供最佳平衡。然而，蓝光和绿光（特别是 532nm）的使用正在增加（见图 3）。该照射范围特别适用于无机材料：比如碳的形式，例如纳米管和富勒烯，共振拉曼实验和表面增强拉曼光谱（SERS）。

紫外激光对于生物分子如蛋白质、DNA 和 RNA 的共振拉曼光谱是有吸引力的。对于需要近红外照明的荧光材料应用，通常使用

1064nm 波长的光。例如，1064nm 波长传统上用于傅立叶变换 (FT) -Raman 配置，其具有单元素 InGaAs 或锗 (Ge) 探测器，以避免荧光干扰。然而，FT-Raman 受到长采集时间和需要移动部件的限制。随着灵敏的 InGaAs 阵列器件的出现，现在也可以在便携式和手持式拉曼仪器中使用带有固定光栅的 1064nm 激光器。

其他重要的激光源参数

除波长外，在为拉曼光谱仪选择最佳激光光源时，还应考虑许多其他重要的性能参数。关键性能参数包括：光谱线宽、频率稳定性、光谱纯度、光束质量、输出功率和功率稳定性以及光学隔离（见表 1）。

最后，照明的紧凑性、坚固性、可靠性、寿命和成本结构，也是要考虑的重要参数。拉曼仪器已经发展成为许多科学和工业应用中的标准分析工具。用户希望多年进行常规实验或过程监控测量，而无需维修或更换激光源。在越来越多的情况下，仪器还必须在恶劣的工业环境中运行。

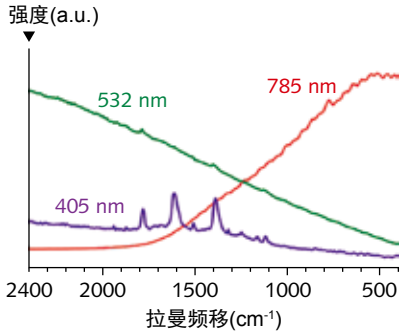


图3：使用三种不同波长的聚酰亚胺的拉曼光谱。对于绿光和近红外光，采用于532nm和785nm激光激发时，拉曼信号埋藏在荧光中；但是，这一问题在使用405nm激发时很容易就解决了。

由于这些原因，现在大多数拉曼系统都配备有固态激光器而不是气体激光器。紧凑型固态激光器具有经过验证的几万小时的运行寿命，可以满足最先进的光学性能要求，并且能够提供用于拉曼光谱的所有波长范围。

激光技术

通常用于拉曼光谱的固态连续波（CW）激光源可以分为三类：

1. 二极管泵浦激光器：单纵模（SLM）

2. 单模二极管激光器：分布式反馈（DFB）或分布式布拉格反射（DBR）

3. 体布拉格光栅（VBG）稳频二极管激光器

这些激光技术覆盖不同的波长区域，并且在光学性能方面具有显著差

EVERBRIGHT
高功率光纤激光器理想泵浦源
——976nm泵浦激光器
● 光纤激光器光光转换效率可达80-85%
● 大幅节省有源光纤
● 976nm高可靠性自主研发芯片
● 光谱质量好，波长随温度漂移范围可控
苏州长光华芯光电技术有限公司
地址：江苏省苏州市高新区科技城昆仑山路189号2号厂房
邮编：215163
电话：+86-512-69372570
传真：+86-512-66806323
邮箱：sales@everbrightphotonics.com
网址：www.everbrightphotonics.com
微信扫一扫
获取长光华芯更多资讯

表1: 拉曼光谱的关键激光性能参数

激光性能参数	重要性	说明
光谱线宽	这为所记录的拉曼信号的光谱分辨率设定了限值（即多小的斯托克斯位移差异能被探测）。对于大部分固定光栅系统，激光线宽应该为几十皮米或更小，以不限制系统的光谱分辨率。然而，高分辨率系统可能需要比那小得多的线宽，有时甚至小于1MHz。	单纵模（SLM）激光器从来不是系统整体光谱分辨率的限制源。激光器线宽应该比光谱仪的光谱分辨率窄。
频率稳定性	在记录光谱图期间，激光线必须波长非常固定，以避免光谱分辨率降低。通常，激光器随时间和在几摄氏度温度范围内的漂移，不应该超过几个皮米。	二极管激光器的外部稳定采用例如体布拉格光栅（VBG），提升波长精度和稳定性。DPL具有内在的优良波长精度和稳定性。
光谱纯度	探测拉曼信号通常需要光源的光谱纯度优于60dB（即边模相对主激光线被抑制的程度）。在许多情况下，如果该光谱纯度水平在主峰附近约1~2nm处达到是足够的。然而，低频拉曼应用需要离主峰几百皮米甚至更小范围内的高边模抑制比（SMSR）。	二极管激光器的光谱可使用VBG改善，在拉曼数据中提供更好的信噪比。DPL具有内在的干净光谱。
光束质量	在共聚焦拉曼成像应用中，使用衍射极限的TEM_{00}光束以获得优化的空间分辨率是必要的。然而，对于基于探针的定量拉曼分析，需求并不那么严格。光束质量允许有效耦合到多模光纤（例如50~100μm芯径）中通常就足够了。	DPL通常具有内在的单横模（TEM_{00}），使它们成为共聚焦拉曼应用的常用选择。多横模激光用于需要更高功率的基于探针的系统中，以及使用SERS技术的应用中。
输出功率和功率稳定性	典型激光器输出功率从紫外的约10mW到近红外的几百mW。此外，在变化的室内环境中，激光器的输出功率不应当波动超过百分之几。输出功率需求与波长、将要研究的材料类型以及采样频率和成像速度有关。	需要腔组件的热电稳定，加上光学反馈回路，来确保在激光器整个寿命内良好的功率稳定性。
激光束的隔离	这在共聚焦成像装置中尤其重要，因为样品可能产生与激发光束对准非常好的光学反馈。光学反馈可导致功率和噪声不稳定，在最坏的情况下，引起对激光器的永久损伤。通常推荐将光学隔离器直接集成在光源中，因为需要仔细对准以实现隔离器后输出的高稳定性。	所有激光器固有地对意外重新进入谐振腔的任何腔外激光敏感。这种对背反射的敏感性通过腔内隔离器或腔外隔离器克服。

异，如下所述。

1、二极管泵浦SLM激光器(DPL)与内置的非线性光学频率转换相结合，可以很容易以紧凑的形式提供从UV到近红外的光源。在1064nm的近红外波长处，可达到瓦级功率水平。在可见光范围内，蓝绿红光区域中有大量波长（660nm、640nm、561nm、532nm、515nm、491nm、473nm和457nm）可供选择，输出功率为几百毫瓦。在UV下可以实现更低的功率水平，例如在355nm下为10~50mW。这些激光器提供优异的TEM00光束，具有低漂移的精确波长，以及通常远<1MHz的单频线宽。这些激光器还提供非常高水平的光谱纯度，通常在主峰的皮米范围内具有>60dB的边模抑制比（SMSR）。在相邻的激光线上可能出现低水平发射，但它们从主峰偏移几纳米，因此通过集成介质带通滤光片可以容易地消除。波长稳定性本身就很出色（见图4）。

2、具有单频线宽（<1MHz）和单横模光束质量。提供红光到近红

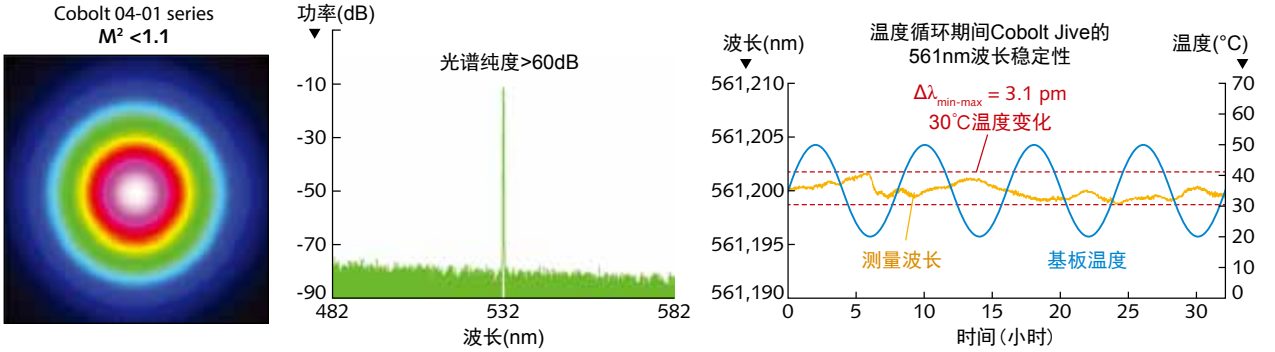


图4：图中显示了Cobolt公司的二极管泵浦SLM激光器（DPL）的典型TEM00光束轮廓（a）和波长光谱（b）；后者表现为非常干净的光谱（无边模），低于60dB。Cobolt公司DPL的波长稳定性如图（c）所示，在30℃的基板温度变化下，波长偏移<3.1pm。

外的许多波长，输出功率高达几百 mW 和兆赫兹线宽。最常用的波长是 785nm、830nm、980nm 和 1064nm。边带发射将这些激光器的 SMSR 限制在大约 50dB，这通常在距主峰几百皮米处实现。

3. 拉曼的第三组激光源是 VBG 稳频二极管激光器。在这些激光器中，窄线宽 VBG 元件与二极管激光发射器一起使用，以实现 DFB 或 DBR 光源不可实现的波长下的窄线宽发射。通过频率锁定多横模二极管激光器，还可以在更高功率水平下实现窄线宽发射。需要在激光器内进行仔细的热机械控制和高精度对准，以实现输出波长和线宽的高稳定性，尤其是在环境温度变化的情况下。线宽范围从单频发射到几十皮米，具体取决于波长和输出功率。而且，与其他二极管激光器一样，SMSR 在主峰附近限制在 40~50dB。然而，通过集成滤光片，可以在远离主峰的 1~2nm 处改善到 60~70dB（见图 5）。

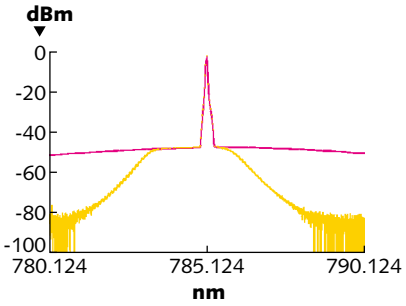


图5：500mW Cobolt 08-NLD激光器在785nm处集成（黄色）和不集成（粉红色）带通滤光片的光谱特性；二极管激光器的光谱发射比二极管泵浦激光器的固有干净光谱宽得多（见图4b）。

毫无疑问，拉曼光谱仍然是一种尖端分析技术，未来可能会继续应用于甚至更多的行业和市场。系统正在越来越小，分辨率和灵敏度正在增加，组件正变得更加可靠。了解激光器性能的影响对于这些新应用领域的持续成功至关重要。❑

参考文献

1. See https://en.wikipedia.org/wiki/raman_spectroscopy.

华光光电量产医疗美容用金锡封装宏通道半导体激光模块

808nm 半导体激光器在脱毛领域迅速发展。应市场需求的增长，山东华光光电光电子股份有限公司依靠在高功率半导体激光器外延设计生长、芯片制作及器件封装领域 19 年的经验和技术积累，推出了长寿命、高可靠性的金锡封装宏通道半导体激光器模块，功率覆盖 300W、500W 和 1kW。目前月产能达到 1000 台以上。

300W、500W 和 1000W 宏通道模块在连续电流测试下的最大输出功率分别达到 360W、750W 和 1200W，对应的能量远超过脱毛应用的需求，波长 - 电流漂移系数达 0.15nm/A，已经达到业界领先水平。

根据客户的实际应用需求，华光光电针对该系列激光模块可提供高性价比的光束整形方案，实现方形光斑输出，提高能量密度及均匀性分布。

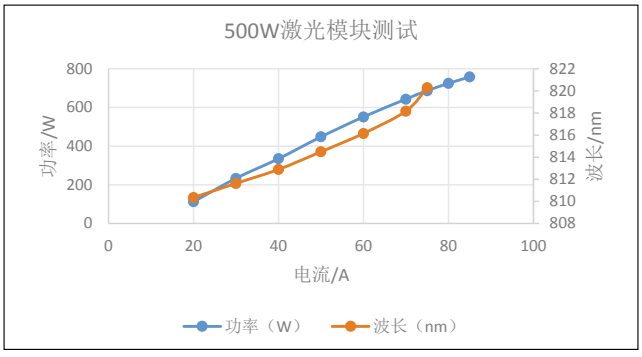


图1：500W金锡封装宏通道半导体激光模块测试图。

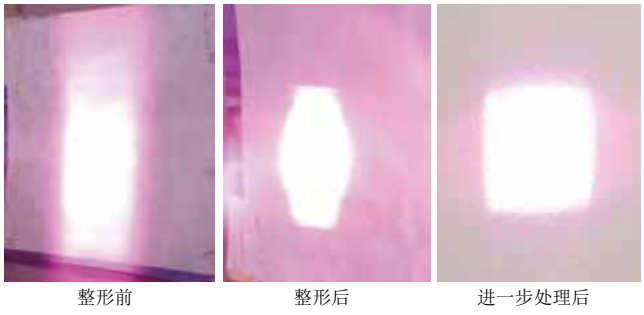


图2：金锡封装宏通道半导体激光模块光束整形。

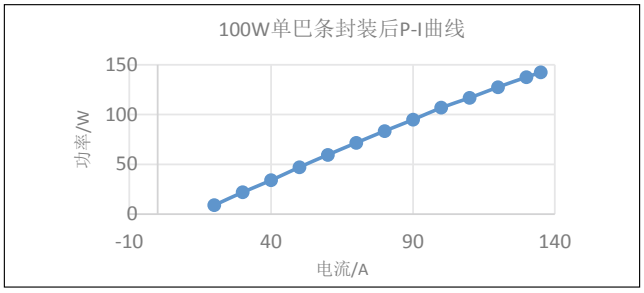


图3：100W巴条P-I曲线图。

华光光电在该系列激光模块中使用了自产的 100W 和 60W 巴条。100W 巴条在连续电流测试下输出功率达 142W@135A，斜率效率 1.16W/A，电光转换效率 50%（在 135A 电流下，巴条的输出光功率并没有出现明显的热饱和现象，只是受限于电源线的电流承受能力，所以没有继续测试）。❑

超快技术

从锁模到 CPA 放大：飞秒光纤激光器中的物理

文/邵国栋，武汉华锐超快光纤激光技术有限公司

北京时间 10 月 2 日下午，瑞典皇家科学院公布了 2018 年的诺贝尔物理学奖获得者，由来自于美国的 Arthur Ashkin，法国的 Gerard Mourou 和他的学生加拿大的 Donna Strickland 女士三位物理学家分享了这今年的诺贝尔物理学奖金。本次奖项的 50% 授予 Arthur Ashkin 的“光镊及其在生物系统中的应用”，另一半授予 Gerard Mourou 和 Donna Strickland 的“啁啾脉冲放大技术（Chirped Pulse Amplification，CPA），用于生成高强度超短脉冲激光的方法”。这一让所有超快激光研究人员振奋的新闻，把啁啾脉冲放大这个读起来有点绕口甚至有些人都不会念的专业术语带到了公众面前。在激光材料损伤阈值和非线性效应如自聚焦等其他物理因素的限制下，激光放大器对于可达到的激光脉冲峰值功率有一个上限，使用传统对种子脉冲直接放大的方法无法突破这个物理限制。因此 Mourou 他们提出：先在时域上展宽需要放大的脉冲，在单脉冲能量不变的情况下降低峰值功率；然后再对展宽后的脉冲进行放大，这样在放大到同样峰值功率时，由于脉宽的展宽，能得到的单脉冲能量就更大，最后时域压缩脉冲，就可以获得更高峰值功率的脉冲。

那么，为什么普通调 Q 或 MOPA 脉冲光纤激光器不能通过 CPA 技术放大到更高能量呢？要回答这个问题，就必须对 CPA 技术和飞秒光纤激光器背后的物理学做一番解释了。本文从锁模原理出发，结合 CPA 技术，简要讨论飞秒光纤激光器背后的物理原理，希望让更多人了解超快激光，推动激光器和超快激光加工的发展。

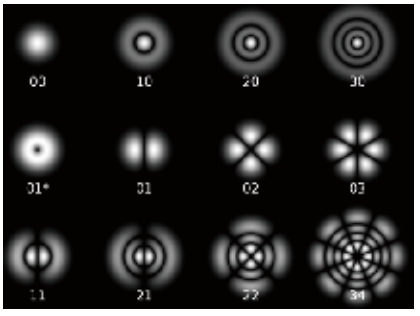


图1：在拉盖尔-高斯坐标中的激光横模分布。

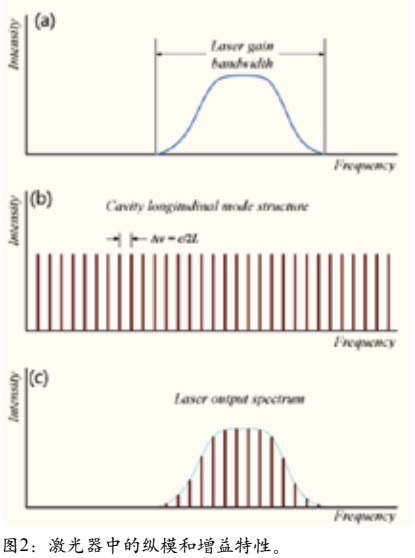


图2：激光器中的纵模和增益特性。

什么是锁模

锁模是激光器产生超短脉冲的方法之一，与调 Q 相类似，锁模也是对激光器腔内进行调制，让原本的连续光分裂，从而产生脉冲。但是锁模与调 Q 仅仅是在物理现象上有所相似，其物理原理完全不同。下面从锁模的物理原理出发，介绍一下锁模脉冲的特性和目前通用的锁模方法。

调 Q，顾名思义，是对激光器腔内的 Q 因子进行调制，本质上是一种损耗调制，结合增益介质的增益特性产生脉冲。而锁模这个词就没有这么直观了，它锁定的什么“模”呢？这就得从激光器的模式说起。

通常大家在讨论连续激光器和普通脉冲激光器时，提到的“单模”、“多模”指的激光的横模，即激光器输出光斑的空间分布，如图 1 所示。上面提高的“单模激光器”代表输出激光的空间模式是基模，即图中的 0-0 模式；而“多模”指的激光分布在基模之外的高阶模。横模的产生和分布是由激光器腔的光学特性决定的。在光纤激光器中，横模的产生主要由光纤的波导特性决定。

在激光器中，增益介质接受泵

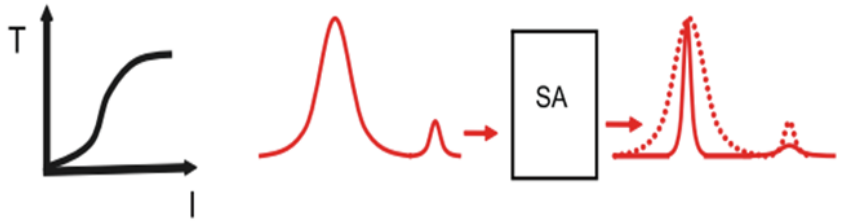


图3：饱和吸收效应图示。左：饱和吸收体的吸收特性；右：饱和吸收体对脉冲的强度调制。

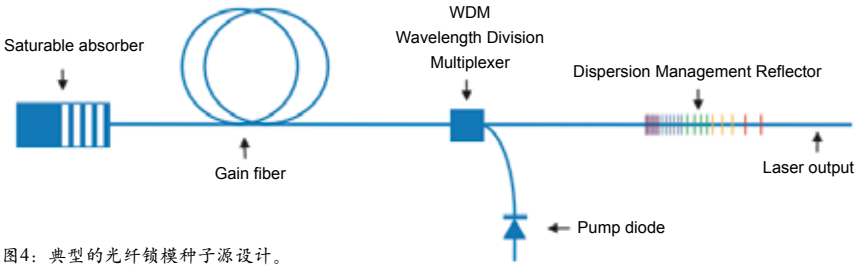


图4：典型的光纤锁模种子源设计。

浦产生的 ASE 荧光在谐振腔中共振，引起受激辐射放大产生激光。由于谐振腔是一个驻波腔，因此只有 ASE 荧光中满足谐振腔驻波条件的波长成分，才能产生相长共振而放大。这里我们把满足谐振腔共振条件的波长叫做纵模，表示激光的频域性质。考虑到增益介质的光谱性质，只有在增益谱中的纵模成分，才能在激光器中起振并且被放大。如图 2 中所示，图 2(a) 表示激光的增益谱，具有一定的增益带宽，例如一般掺镱光纤的增益谱宽度可达 50nm；图 2(b)(c) 表示的是一个长度为 L、折射率为 n 的谐振腔中，对应在增益带宽中的纵模成分。

在正常工作的激光器中，起振的各纵模的相位通常是杂乱无章的，因此在时域上表现出的是一个连续光；若使得纵模的相位保持恒定时，激光在时域上成为一个脉冲，保持恒定的纵模个数越多，产生的脉冲就越窄，这个过程称之为锁模，或者相位锁定。锁模脉冲有以下三个特征：

- 锁模使得激光器中振荡的各纵模相位保持恒定；
- 纵模相位锁定后，激光在时域上的表象是一个光脉冲；
- 相位锁定的纵模越多，光脉冲越窄。

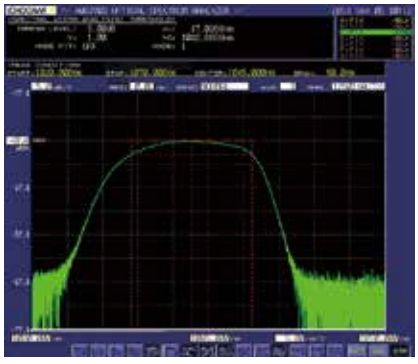


图5：华锐光纤的Erai-S飞秒种子源典型输出光谱。

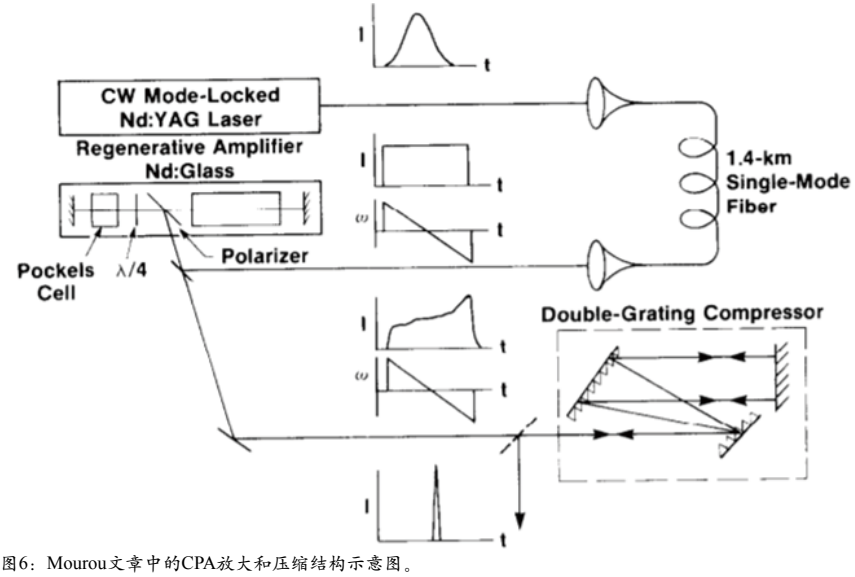


图6：Mourou文章中的CPA放大和压缩结构示意图。

锁定的纵模越多，在光谱上表现为光谱宽度越宽。这里就要引入一个“转换极限（Transform limited）”的概念，即一定宽度的锁模光谱，对应一个能支持的最窄的锁模脉冲宽度。这里可以从物理上区别锁模脉冲与调 Q 脉冲或 MOPA 激光器中的电调制激光二极管中产生的脉冲（MOPA 脉冲）之间的区别。调 Q 脉冲和 MOPA 脉冲本质上是被调制的连续光，其纵模相位是杂乱无章的。而锁模脉冲的纵模相位是锁定的，因此可以通过傅里叶变换，从脉冲的频域特性得到脉冲的时域特性，这样的脉冲波形和光谱被称为是相关的（Coherent）。时域 - 频域的相关性，就是锁模脉冲和调 Q 脉冲和 MOPA 脉冲之间最本质的区别。

锁模方法一般分为主动锁模和被动锁模。除了主动相位调制之外，一般都是通过损耗调制的方式实现锁模，其中最常用的是通过饱和吸收效应产生锁模。饱和吸收效应，即光强越强，工作物质的吸收越弱，当光强足够强时，饱和吸收体被“漂白”，对光不再吸收。饱和吸收体的吸收特

性和工作原理如图 3 所示。饱和吸收的弛豫时间越短，能支持的锁模脉冲宽度也就越窄。在光纤激光器中，通常的锁模方式主要有非线性偏振旋转锁模、半导体可饱和吸收镜锁模和非线性环行镜锁模。在光纤激光器中，锁模脉冲的形成除了受饱和吸收效应影响外，光纤谐振腔的色散、非线性、增益 / 损耗和增益带宽，对锁模脉冲的演化动力学过程有着重要的影响，直接决定锁模的光谱宽度、脉冲宽度和脉冲稳定性。

目前工业级光纤锁模种子源基本都是 SESAM 锁模加线性腔结构设计，如图 4 所示，其中可以通过选择不同的输出啁啾光栅和 SESAM 参数，实现皮秒或飞秒锁模。在光纤飞秒锁模种子源激光器中，飞秒激光的脉冲形成动力学过程与光纤谐振腔参数直接相关，因此增益输出啁啾光栅的带宽和色散，对输出脉冲特性影响非常大，图 5 所示的是华锐超快光纤激光技术有限公司提供的 Erai-S 型飞秒光纤锁模种子源的输出光谱。锁模光谱宽度超过 15nm，光谱包络顶部非常平滑，说明锁模脉冲中几乎都是线性啁啾，因此非常适合进行飞秒脉冲放大，获得高质量的压缩脉冲结果。

什么是CPA放大

锁模脉冲的光谱是由很多个相位锁定的纵模组成。不同波长的光在介质中传播会受到色散效应的影响，即不同波长在介质中的折射率不同，因此传播的速度也就有差异。对于一个锁模脉冲而言，色散效应导致脉冲中不同纵模在介质中的折射率不同，产生群速度色散（Group Velocity Dispersion，GVD），在时域上的表现为脉冲中不同成分的光在介质中传播速度不一样，因此脉冲就会被展宽。从本质上讲，色散实际上是一个频率相关的时间延时，因此这种因为色散而发生展宽的脉冲被称为啁啾脉冲。不仅仅是色散，非线性效应也会产生啁啾，例如光纤中的自相位调制效应，其产生的啁啾不仅与频率相关，还与光强的二次方相关，是一个非线性啁啾。脉冲中的非线性啁啾往往难以补偿，而色散产生的线性啁啾，可以通过引入相反色散量进行补偿。

在最初做超短脉冲放大的研究中，光学系统的光学损伤阈值和非线性效应如自聚焦，往往限制了放大系统可达到的最大峰值功率，从而限制了单脉冲能量。Mourou 等人提出，可以先对超短脉冲在色散介质引入线性啁啾，对脉冲进行展宽，然后再进行放大，最后在引入相反色散量，将展宽放大的脉冲进行时域压缩，即可突破光学系统的峰值阈值，获得更高峰值功率的脉冲输出，图 6 是 Mourou 和 Strickland 介绍他们 CPA 工作的第一篇文章中的 CPA 放大示意图。

在做啁啾脉冲放大之前，第一步是对待放大脉冲进行展宽。一般是通过色散引入线性啁啾进行展宽，在光纤技术突破之前，做科学研究时通常使用光栅对对脉冲引入色散，如图 7 中所示。根据不同波长成分的光对于光栅的衍射角不同，这样可以对不同波长成分引入光程差，起到引入色散的效果。

另外一种方式是使用一定长度的光纤引入色散量进行脉冲展宽。虽然使用光纤展宽相较光栅对结构更简单损耗更小，但是过长的光纤会引入大量的三阶色散，会导致在做脉冲压缩特性劣化。同时过长长的光纤光程还会带来不必要的自相位调制积累，也会造成脉冲压缩的劣化。

在对展宽的啁啾脉冲进行放大后，需要引入和展宽时相反的色散量，对脉冲进行压缩，目前普遍采用的是光栅压缩器对脉冲进行压缩，结构如图 8 所示。图 9 是华锐超快 Erai-35 飞秒光纤激光器的压缩后脉冲自相关测量曲

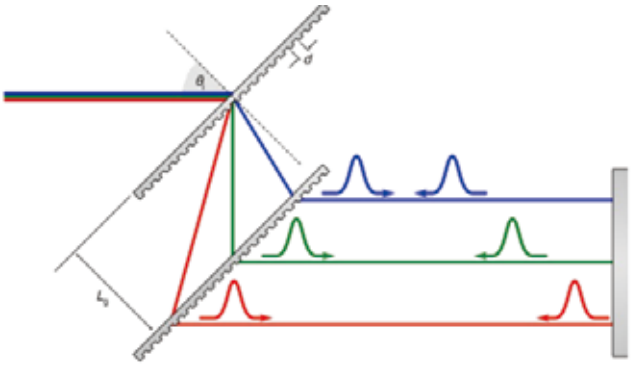


图7：光栅对引入色散。

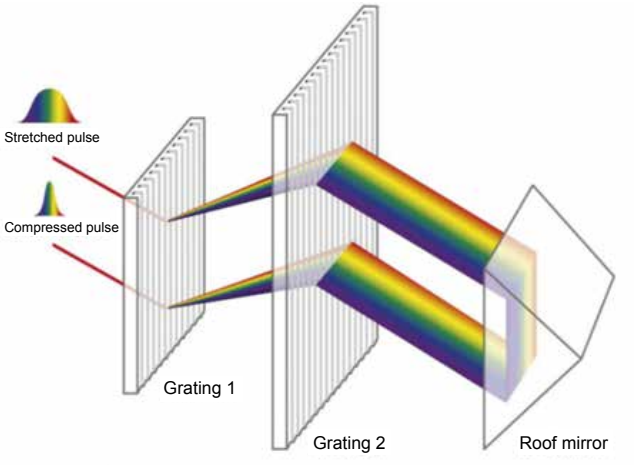


图8：使用透射光栅对压缩器对展宽脉冲进行压缩。

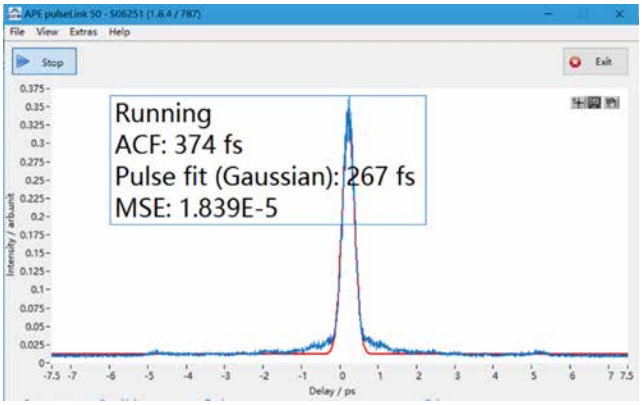


图9：华锐超快Erai-35飞秒光纤激光器典型输出脉冲自相关测量曲线。

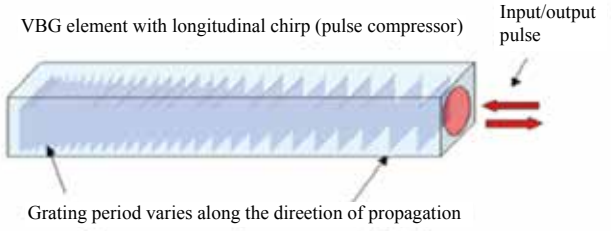


图10：啁啾体光栅工作示意图。

线。Erai-35 飞秒激光器输出平均功率 35W，单脉冲能量 200μJ，实测脉冲宽度小于 300fs。

使用光栅对结构进行脉冲压缩，也同样存在着结构复杂和空间稳定性等问题。目前一些厂商提出了另外使用啁啾体光栅进行脉冲压缩的方案，可以实现非常紧凑的压缩器设计。啁啾体光栅使用特殊的光敏材料制作，与啁啾光纤光栅类似，也是通过光敏产生周期性折射率变化的形式，引入大量色散量，如图 10 中所示。

目前超快光纤激光器中，为了达到数十微焦（μJ）以上的单脉冲能量，往往采用特殊光纤为放大介质，主要包括光子晶体光纤和拉锥光纤。光子晶体光纤以 NKT Photonics 生产的 40/200 光子晶体光纤和 65/85μm 芯径的棒状光子晶体光纤为例，其中 40/200 光纤放大的峰值功率可达 150~200kW，可实现单脉冲能量 50μJ 左右输出，例如 Amplitude 公司的 Satsuma、相干公司的 Monaco 和通快的 TruMicro2020 系列；而更大模场面积的棒状光子晶体光纤中，可支持 >500kW 的峰值功率，最高可支持单脉冲能量 200μJ 输出，例如 Amplitude 公司的 Tangerine 系列。但使用光子晶体光纤的问题是成本较高，而且使用光子晶体光纤时，尤其是棒状光纤，都无法实现完全的全光纤结构，存在部分空间光学结构，导致整机稳定性问题。除光子晶体外，IPG 等一些激光器厂商使用拉锥光纤作为主放大介质。拉锥光纤通过一定的锥形曲线，从小纤芯通过若干长度后过度到大纤芯，这样在放大过程中可以一直保持基模的持续放大，在保证光束质量的同时实现更高放大功率。

总结

距 1985 年 Mourou 和 Strickland 在《Optics Communication》上发表第一篇 CPA 放大的文章、到他们因 CPA 技术获得诺贝尔物理学奖，已经过去了 33 年。期间超快激光器尤其是超快光纤激光器，无论在理论上和工业技术上都取得了长足发展。

最初的固体锁模种子源已经被光纤锁模种子源所代替，在锁模机理和超短脉冲形成和演化机理方面的研究，在锁模材料上的研究，已经建立起完备的锁模理论、锁模材料实验研究体系。在工程技术方面，商业化的半导体可饱和吸收镜和色散补偿器件使得超快锁模种子源可以大批量供应，更成熟的制造和应用技术也使得种子源的寿命不断提升。

在 CPA 放大设计中，越来越多的新器件和新材料被采用，在提供更多色散量的同时，提高了系统光学的性能和工程便利性。压缩器也从传统的光栅对压缩器设计，发展到了使用啁啾体光栅等器件，使得系统更紧凑，稳定性更强。在放大介质方面，越来越多的新器件被推出，国产光子晶体光纤的发展也越来越快。在追求更高功率方面，国内对碟片激光器的研究也越来越关注。

从这三十年的发展可以看出，CPA 技术抛砖引玉，打破了高功率超快激光器发展的障碍，让更多的技术可以“破门而入”，与 CPA 技术相结合，将超快激光器的研发推上一个又一个高点。❑

参考文献

1. F. W. Wise, A. Chong, and W. H. Renninger, "High-energy femtosecond fiber lasers based on pulse propagation at normal dispersion," Laser Photonics Rev. 2(1–2), 58–73 (2008).
2. D. Strickland and G. Mourou, "Compression of amplified chirped optical pulses," Opt. Commun. 56(3), 219–221 (1985).
3. Y. Zaouter, F. Guichard, L. Daniault, M. Hanna, F. Morin, C. Hönninger, E. Mottay, F. Druon, and P. Georges, "Femtosecond fiber chirped- and divided-pulse amplification system," 38(2), 106–108 (2013).

光束质量分析仪选型指南

文/Newport公司

目前，各种各样不同波长、不同功率的激光正用于科研、工业、医疗等诸多领域，这些应用中使用的激光波长范围覆盖了从 UV（157~364nm）到远红外的太赫兹（FIR, 15μm~1mm）波段。典型的科研光谱学应用，例如拉曼和 LIBD 光谱，需要波长范围从 UV、可见光、近红外（NIR）到远红外（FIR）的激励光源；工业应用包括用于通讯和计量的半导体激光器，用于光学测距和传感的激光器，以及用于切割、焊接和钻孔应用中的高功率激光器。与此同时，激光器也正在一些重要的医疗领域找到越来越多的应用舞台，如折射角膜切除术（PRK）和皮肤病治疗等。

无论何种应用，准确地了解并优化激光光束特性都至关重要；同样，光束特性的长期稳定性 / 可重复性对于众多应用的成功也至关重要。光束特性的测量可以使用光束质量分析仪完成。本文介绍了目前常用的主流光束轮廓分析技术，以及光束质量分析仪配置和选型的几个要点。

数码相机式光束质量分析仪

数码相机式分析仪（见图 1）包含一个由 CCD 或 CMOS 像素阵列（在 X、Y 方向拥有固定像素）构成的传感单元（成像器或探测器），每个像素含有一个由光电导元件如硅、锗或铟镓砷（InGaAs）构成的半导体光电传感器（半导体材料的选择取决于入射激光波长）。对来自阵列内像素点的信号进行积分，可以获得光束截面的二维表征数据，如图 1（b）所示。由于成像器中相邻像素之间的间距变化（像素间距精度）通常在埃米（Å）量级（1 Å = 1 × 10^{-10}m），因此像素间距变化对光束质量分析的结果影响甚微。对于不同应用，相机式分析仪的最佳选择取决于光束的物理特性以及辅助系统元件的特性。根据使用方式、激光波长及其他条件组合，我们可以使用不同的成像器配置以获得最佳结果。此外，相机式分析仪通常还需要衰减光强，以避免信号饱和甚至是对传感元件造成损坏。

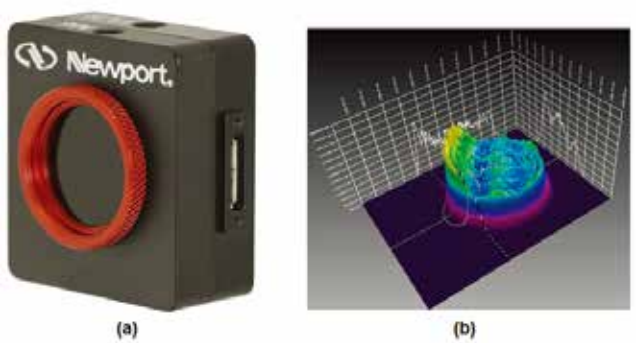


图1：(a) 典型的CCD阵列相机式光束质量分析仪；(b) 代表性光束轮廓。

光束特性——光束质量分析仪选型注意要点

选择光束质量分析仪时，需要考虑激光束的四个固有特性：波长、激光是连续的还是脉冲的、功率以及光斑大小。

（1）激光波长

不同激光器可以在从紫外（157nm）到远红外（1+mm）这个非常宽的波长范围产生相干光。根据光源波长，光束质量分析仪需要不同类型的激光探测器或成像器，探测器可以按照需要配置成单个单元或是具有不同像素大小和像素间隔的阵列。配置的选择取决于特定应用的精度、分辨率以及成本要求。

总体上来说，探测器可以分为光热型和光电型两类。光热型探测器利用热电效应，将激光导致的材料（如钽酸锂）加热转换成电信号。光电二极管探测器中常用的半导体材料包括硅、锗和复合半导体，如 InGaAs（见表 1）。光束质量分析仪中使用的探测器，可以是半导体光电二极

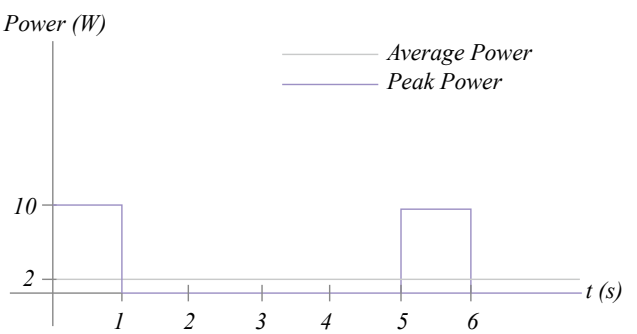


图2：平均功率vs峰值功率。图中峰值功率为10W，占空比20%，平均功率2W。

表1：激光波长范围与对应的可用探测器类型

Wavelength Range	Wavelengths	Usable Detector Type
Extreme UV	13 nm – 190 nm	Pyroelectric
UV	190 nm – 350 nm	Silicon, Pyroelectric
Visible	355 nm – 700 nm	Silicon
Near – IR	700 nm – 900 nm	Silicon, Germanium
	0.9 μm – 1.06 μm	Silicon, InGaAs, Germanium
	1.06 μm – 1.1 μm	Silicon, InGaAs, Germanium, Pyroelectric
	1.1 μm – 1.44 μm	InGaAs, Germanium, Pyroelectric
	1.44 μm – 1.605 μm	Phosphor-Coated Silicon, InGaAs, Germanium, Pyroelectric
	1.605 μm – 1.7 μm	InGaAs, Germanium, Pyroelectric
	1.7 μm – 1.8 μm	Germanium, Pyroelectric
Mid – IR	1.8 μm -15 μm	Pyroelectric
Far – IR	0.015 mm – 3 mm	Pyroelectric

管，也可以是由 CCD 或 CMOS 器件配置而成的单个单元或多元像素阵列。

连续光VS脉冲光

激光器可以产生连续或脉冲两种形式的相干光，二者都可以用单个单元或多元像素阵列相机来分析光束质量。与连续光相比，脉冲光束可能需要使用光电触发来同步相机和激光，从而获得稳定的光斑形貌。光电触发其本质就是一个探头，通过探测激光脉冲并产生电信号输出，以此来触发相机收集数据。光电触发的前端必须有可用于启动触发的光源输入（如激光闪光灯、从主激光束分离出的部分采样光或其他类似光源）。由于光学触发模式可能会影响测量的光束质量，当使用触发模式时，需要注意相机应自动和激光器的脉冲重复频率同步，只有当触发脉冲送至相机时才开始曝光、采集并传输数据。

平均功率测量

不同的激光器输出功率不同，提前知道入射到光束质量分析仪探测器上的激光平均功率至关重要。需要注意的是，对于脉冲激光器，还应该区分平均功率和峰值功率。图 2 可以帮助理解平均功率和峰值功率的区别。光束质量分析仪数据表里标注的功率，通常是指平均功率。

很多时候，我们需要将光束质量分析仪放在焦点位置来测量和表征激光光斑，基于 CCD 或 CMOS 相机的光束质量分析仪很容易饱和或被损坏，因此往往需要对入射激光进行一定程度的衰减，这通常可以通过分束器或额外的衰减片来实现。

光斑大小

光束质量分析仪内部探测器/成像仪的有效面积通常决定了可以测量的光斑大小。Newport 的硅基阵列可见光相机（图 1）非常适用于分析波长范围在 190~1100nm、光斑大小在 40μm~5.3mm 范围内的 CW 光和脉冲光（为了确保软件计算结果的准确性，光斑尺寸必须大于 10 个像素间隔）。对于镀有磷光涂层的相机，由于激光在磷光层的散射，激光光斑的最小尺寸至少为 600μm。

衰减

衰减意味着信号强度的减弱，这里指的是光束强度。根据激光光源及最终应用，激光束的平均功率或峰值功率有可能位于 pW 至数 kW 之间。由于相机只能承受 mW 级及更低的功率，过高的功率会导致探测器饱和，所以利用相机阵列式光束质量分析仪准确测量这些光斑，就需要对激光信号进行衰减。衰减的程度通常由入射光功率、光束质量分析仪的类型等因素共同决定。图 3 是一个典型的光强衰减器，光强的衰减通常通过使用分束片、中性密度（ND）或金属合金衰减片或是这些元件的组合完成。

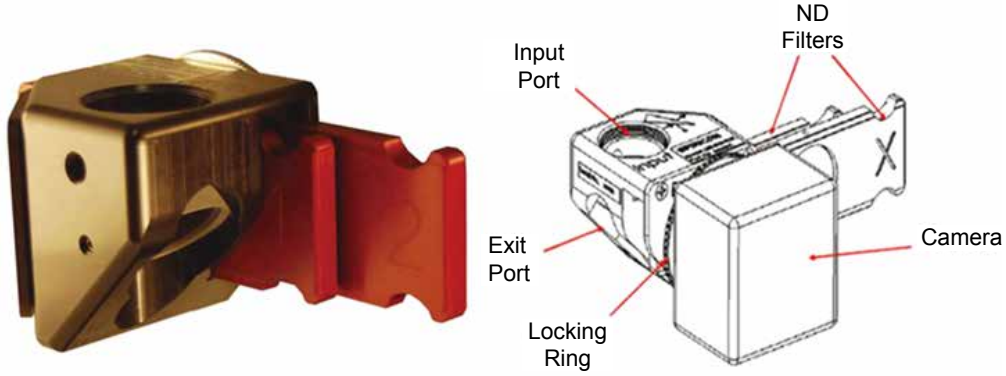


图3：LBP2-SAM-BB2分束器/衰减器。

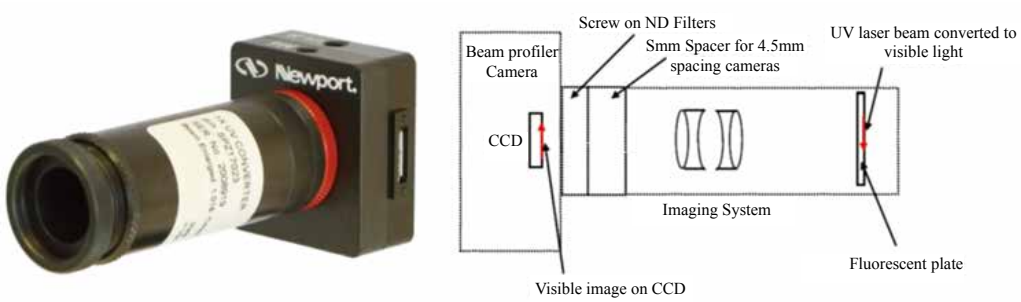


图4：(a) LBP2-UVIMG安装至相机光束质量分析仪上；(b) LBP2-UVIMG成像转换器内部元件示意图。

通常来说，光束衰减都会使用反射式和吸收式滤光片的组合，让激光束在照射探测器阵列之前完成强度衰减。第一阶段的衰减通常都采用反射式元件，因为此时光束功率密度可能会导致吸收型滤光片产生热透镜效应。当激光照射到吸收型滤光片时，激光能量对其进行加热，光斑周围材料的折射率会发生改变，从而形成透镜使光斑聚焦或发散，这就是所谓的热透镜或热晕效应。对于低功率激光，热透镜效应会慢慢出现，而高功率情况下会立即发生，从而对测量的稳定性和准确性造成影响。要想安全、准确地使用吸收型滤光片，一个基本的经验法则是 1mm 直径光斑上光强不要超过 100mW，对应的功率密度大约为 12.7W/cm^2。由于功率密度随着光斑的减小而增大，这就意味着对于直径 100μm 的光斑，1mW 功率就有可能产生热透镜效应。实际可用的功率密度还与波长有关，也会随波长改变。

紫外和红外光斑分析

尽管 CCD 和 CMOS 探测器通常对可见光光谱范围内的激光有最好的响应，但我们经常还要去表征 UV 和 IR 波长范围内的激光，这时就需要一些专门的光学元件和镀膜。

（1）紫外光斑分析

Newport 提供 LBP2-UVIMG 成像转换器用于 UV 激光的光束分析，这些转换器利用荧光板，将入射的紫外光转换成可见的影像。荧光板具有高线性动态范围、高通量、高损失阈值等特点，且转换器内置 1:1 成像光学元件，可将激光光斑的可见影像成像至光束质量分析仪中的 CCD 相机，见图 4。

（2）红外光斑分析

正如紫外光斑分析的过程一样，图像转换也被使用在近红外激光（1440~1605nm）光斑分析中。Newport 的 LBP2-IR2 和 LBP2-HR-IR2 成像转换器采用磷光涂层技术，类似于紫外光束分析仪中的荧光涂层方法，这些能够产生反斯托克斯信号的磷光涂层板，将入射的近红外光转换成可见光，转换效率近似与入射光强的平方根成正比（信号的非线性可以通过软件中的伽马校正功能来校正）。需要注意的是，红外激光光束分析仪所测得的光斑要略偏大，这是由磷光信号的特性决定的。

电信号处理及A/D转换精度

电信号处理及 A/D 转换涉及增益、背景、线性度、信噪比、A/D 转换等参数。如今相机大多使用 12 位或 14 位转换器，对应 4096 或 16,384 个不同的强度等级。优化相机的控制变量通常可以实现 58~63dB 的信噪比；对于 12 位相机，60dB 的信噪比对应大约 4096 个计数中有 24 个峰峰噪声。拥有更高信噪比的相机在进行准确定量测量时，通常可以表现出更好的性能。

小结

前面介绍了不同激光光源选择光束质量分析仪时需要考虑的一些注意事项，光束质量分析仪及某些辅助配件如衰减器和成像转换器等选型，取决于激光波长、功率、光斑大小以及入射激光是 CW 光还是脉冲光等。有关目前光束质量分析仪技术更加详细的资料，可以参考 Carlos B. Roundy 在网站上的著作以及其参与执笔书刊《Laser Beam Shaping: Theory and Techniques》中的有关章节。❑

参考文献

1. Roundy, C. B. (2000). Current Technology of Laser Beam Profile Measurements. Retrieved from http://www.ophiropt.com/user_files/laser/beam_profilers/tutorial-1.pdf
2. Roundy, C. B. (2000). Current Technology of Laser Beam Profile Measurements. In F. M. Dickey, & S. C. Holswade (Eds.), Laser Beam Shaping: Theory and Techniques (p. 349). New York, NY, USA: Marcel Dekker, Inc.

2018 华南激光展深圳完美首秀，电子、智能制造元素齐助力
—— 2018 华南激光展展后报告





为期三天的中国激光行业自己的展会—2018 华南激光展，在中外展商和嘉宾们大力支持和关注下胜利落下帷幕。

- 展示面积达 15，000 平米　　- 近 300 家参展商及品牌　　-16,357 名专业观众

三展联动，智能制造引领行业发展

展会以“三展合一”和“五大板块”的独特形式，呈现了自动化及机器人、电子制造智能化解决方案、点胶注胶设备 & 材料、线束加工与连接技术、先进激光及加工应用技术五个板块及智慧工厂特色环节在内的企业前沿技术及智能解决方案。

依托华南制造业对加工设备的巨大需求，深圳地区激光产业迅速发展，已成为全国激光产业重量级市场。为此，中国光学学会激光加工专业委员会和慕尼黑上海展览公司共同举办华南先进激光及加工应用技术展览会，再一次尽全力打造“中国激光行业自己的展会”。

聚焦行业，共谱激光未来华章

本届展会展示了先进的激光制造技术和解决方案，云集通快、大族、华工、奔腾、华日、锐科、创鑫、杰普特、凌云、贝林、普雷茨特、长光华芯、新代、英谷、领创、汉通、普睿玛、瑞丰恒、茂和兴、机器视觉 CMVU 展团等百家企业。展会着眼于华南激光加工市场，主办方组织广州柴油机厂股份有限公司、深圳市光恒钢实业有限公司、住友电工、魅族科技、广州机床工具协会等近百个参观团参观展会，涵盖广东省特别是深圳地区的电子、汽车、船舶、家电、广告、钣金等行业或领域。观众前往各相关公司的展台上，深入全面了解设备性能、加工工艺等技术问题。

2,000 平智慧工厂展区还原四条完整生产线，成为聚焦吸睛亮点之一

IPC CFX Demo Line （IPC 全球互联工厂数据交换标准示范生产线）中国首秀是工业大数据成功应用的集中体现。IPC- 国际电子工业联接协会领衔 16 家企业联合演绎完整生产线，在展会现场进行真实的生产，并结合华为云进行生产数据的实时传输和反馈，观众通过手机二维码即可查看到生产的状态。

同期论坛，专家云集，直击行业挑战，聚焦产业发展趋势

展会同期论坛精彩纷呈，三天时间，包括深圳国际智能制造与工业 4.0（IPC CFX Conference）、深圳国际先进汽车电子及制造技术创新论坛、深圳国际先进汽车电子及制造技术创新论坛、2018 手机智能制造高峰论坛、全国激光安全培训、国际先进激光创新技术论坛、华南激光加工应用市场高峰论坛等在内的 7 大主题论坛，共吸引了 1,148 位听众。论坛主题涵盖电子智能制造全产业链，专家云集，直面行业挑战，探索未来发展趋势。与会者反响热烈，场场火爆！

展会评价

“华南市场是中国巨大的激光应用市场，LEAP Expo 一方面迎合产业升级的需求，另一方面对 ‘一带一路’ 和粤港澳大湾区的建设起到有力推动作用。”——王又良，中国光学学会激光加工专业委员会主任

“我们对 LEAP Expo 2018 很满意，展会人气很旺，很多专业观众前来参观，展期我们接待了很多优质客户。2019 年会继续参展。”——王召义，深圳市韵腾激光科技有限公司副总经理

“这次展会收获非常大！在现场看到了智慧工厂完整的产线，还有 IPC 对于 SMT 行业的标准。这些信息有助于我们更好地与工业 4.0 接轨，打造智慧型工厂。”——唐树林，东莞新劲电子有限公司工业工程部经理

“连续两天参观听会，了解到了激光清洗、激光熔覆、3D 打印的新设备及发展趋势，受益匪浅。明年还会继续参观。”——张理，广东省科学院 / 广东省海洋工程装备技术研究所项目经理

参展 / 参观咨询　　慕尼黑展览（上海）有限公司
联系人：金晶　　电话：021-2020 5640
邮箱：sherry.jin@mm-sh.com

商业论坛

我应该为这家光子学公司工作吗？

文/Milton Chang

曾经有两位中级光子学工程经理问我，他们收到了两份工作邀约，但是不知该选哪一个。其中一份工作来自一家 pre-IPO 公司，这家公司为电信市场生产光子器件；另一份工作来自一家处于发展早期的初创公司，主要业务是光子生物技术仪器。这两人都把注意力集中在了薪酬上，比如如何看待股票期权的价值以及其他公司正在提供哪些福利等。这让我思考该如何从职业角度去看待光子学领域的一份工作。我会先解决他们的问题，然后再考虑更重要的问题——这份工作是否与你的个人职业目标相符合。



MILTON CHANG，曾任Newport和New Focus公司总裁，现为几家公司的董事会成员。他还是IEEE、OSA和LIA的成员。

令人惊讶的是，两个人都被告知期权股票的数量，而不是发行股票的数量。这样也就没有办法估计期权股票的价值。

大多数获得风投支持的处于后期阶段的公司，经过几轮融资后，发行了大量股票，有时是数亿股（10 万股听起来不错，但是……）。当期权完全归属时，持有者可以按所有权的百分比获得收益。还可以问问，期权股票何时可能兑现以及可能的估值。如果提供工作机会的公司不能坦诚地说明这些问题，那还是要慎重考虑一下为妙。我猜这个问题很少在面试中出现。



对于生物技术初创公司来说，发行的股票数量是众所周知的，但是这没有多大影响，因为随后会有很多轮融资来稀释所有权。更重要的是评估公司的生存能力，以了解公司能否成功。

光子学应用有着光明的前景，但你应该意识到这个领域很少有初创公司能够生存下来。产品开发周期长，获得 FDA 批准是一次艰苦的旅程，并且市场接受度不确定。考虑到高风险，可以模仿投资者所做的那样，自己也进行深入的研究，并且要咨询知识渊博的医疗行业的专业人士，尤其是那些熟悉特定应用的人。如果不是一个完美的产品，医疗产品是很难成功的。越便宜越好。此外，还要了解该公司是否拥有来自医疗行业内部投资者的强大资金支持。

知道如何找到合适的人获取信息是一件无价之宝。这是在专业协会，如 OSA 和 SPIE 中积极活跃的一个重要原因。

现在回到关于个人职业前景的更大问题，机会在应用中。因此，在职业生涯的早期，就应该考虑一下你的专业知识可以用在哪里。最终，R&D 必须与应用联系起来。这样做不仅给了你职业选择，而且也为你的研究提供了重点。为什么不注意你的工作的潜在应用呢？

我也主张在一个成熟的公司中开始你的工作生涯，这能让你接触到专业的管理流程。选择一个有良好声誉的公司，因为你会被打上公司的烙印。在你的技术专长方面要追求深度和广度，同样也应该掌握管理和商业技能。选择一家能培养员工成长的公司，比如支持继续教育、指导和跨职能培训，以了解公司不同部分的功能。如果你的长远目标是创业，那么就选择一家鼓励工程师支持销售和市场营销的公司，承担项目管理责任，参与企业内部活动。

总之，想想怎样才能做你喜欢做的事，同时又有机会摆在你面前。每一次换工作，都是你职业道路上的一个岔路口。❑

恩耐发布体型最小的万瓦级光纤激光器



恩耐（nLight）宣布推出体型紧凑的万瓦光纤激光器，可提供 3~10kW 的输出功率，并具备极具差异化的竞争优势：提供全球独一无二的抗高反射光保护技术，可无间断加工高反射金属；最高的调制频率与稳定的输出功率，可以传递更大的工艺窗口和更高的生产效率。同时，值得信赖的元器件与快速便捷的现场维护，也将令终端用户体验到超长的设备运行时间。

这款创新型万瓦级激光器将为行业带来同级产品中的最小体积，同时又拥有同体积产品中最高的输出功率。它所兼备的体型与功率上的优势，不仅能使终端用户节省空间，还能享受可靠的加工性能、稳定性与可维护性。

nLight，www.nlight.net

激光功率传感器

MKS 仪器公司宣布推出 L50（150）A-LP2-35，它是 Ophir 系列 LP2 激光功率 / 能量传感器的最新成员，具有高损伤阈值。



L50（150）A-LP2-35 是一款紧凑型热测量传感器，适用于高功率密度和长脉冲激光器。它可以连续测量 100mW~50W 的激光功率，间歇测量高达 150W。它还可以在 0.4s 的短时间内测量高达 4kW 的功率。传感器测量的激光能量范围为 40mJ~3kJ。

新型 LP2 涂层具有极高的吸收性，可减少危险且常常有害的背反射。涂层还允许传感器测量集中的低功率光束和较高功率的短曝光，在 150W 的全连续波功率下提供 33kW/cm2 的损伤阈值。涂层还可减少反射，吸收 95%的大多数波长，在 0.25~2.2μm 的 ±1%范围内光谱平坦。

MKS，www.mksinst.com

面向机器视觉照明应用的激光二极管

IMM Photonics 的激光二极管模块系列 ilumVISION 专为机器视觉领域的照明应用而设计，可应用于任何要求尽可能高的均匀照明水平的应用，能够满足针对特别小的结构或是大型工作区域的照明需求。

创新的驱动器设计允许高达 1MHz 的高调制频率，上升时间 37~45ns，下降时间 19~25ns。特别值得注意的是，接通和关断延迟在整个调制区域内保持恒定。该模块的标准版本的焦距范围为 300mm~1m。波长范围 520~660nm，功率范围 50~130mW。工作电压范围 4.5~30V。



IMM Photonics，www.imm-photonics.de

面向自动驾驶系统的激光雷达

RoboSense 的 RS-IPLS 智能感知激光雷达系统是一种基于硬件和软件算法的解决方案，适用于大规模生产更安全的自动驾驶汽车。





RS-IPLS 是一种高性能自动驾驶系统，具有实时数据预处理功能和类似于人眼的凝视功能。RoboSense 系统价格低廉，是传统 64 线激光雷达系统价格的 1/400，专为低价批量生产而设计。

RS-IPLS 系统基于高性能微机电系统固态激光雷达，通过将 2D 图像的底层硬件与独特的 RoboSense RS-LiDAR 算法深度学习感知算法相结合，输出高分辨率彩色点云数据，专为自动驾驶而开发。智能检测算法实现目标级信息，无需延迟即可实时调整感兴趣区域（ROI）。

RoboSense，www.robosense.cn

工业级光纤激光打标系统

Laserax 的 LXQ 2D Q 开关光纤激光器，输出功率 200W，能够在铝、不锈钢等众多金属和聚合物上实现有效打标。



LXQ 系列能提供 6mm 的焦深，确保打标的一致性。基于 Laserax 的模块化平台，LXQ 系列可根据应用进行光学配置，提升效率。坚固耐用的激光器设计使其成为恶劣工业环境中的主要产品，激光头的防护等级为 IP65，采用空气冷却，以实现最佳激光操作。

Laserax，www.laserax.com

新一代12kW激光切割机MARVEL



华工激光推出新一代12kW激光切割机MARVEL，其基于MARVEL系列万瓦级切割平台，能够实现1200孔/每分钟的超光速切割，速度快至21孔/秒。它秉承了MARVEL系列产品一贯的“定制化、服务化、绿色化”的理念，切割速度更快、加工效率更高，同时与产线紧密结合，使得制造过程更加智能化、更加高效。

此次推出的MARVEL 12kW，是继去年MARVEL 6kW之后，华工激光推出全新一代万瓦级切割产品，同时也是面向规模化生产，以提升加工效率，降低单品成本为目标的高性能激光切割产品。该产品的推出，标志着我国高端激光装备的核心光源已经全面进入万瓦时代，激光加工工艺技术、制造水平迈上了一个新台阶。

华工激光，www.hglaser.com

具有矩形光束整形功能的直接激光二极管引擎

II-VI发布用于材料微加工的直接激光二极管引擎DirectProcess 900，并带有主动矩形光束整形功能。



II-VI新的DirectProcess 900 FlexShape，利用其领先的6mm·mrad顶帽光束参数，可以动态调整到宽度和长度范围在0.2~50mm之间的任意矩形光束，用于微电子元件和连接器的非接触局部焊接、粘合和退火。

此外，DirectProcess 900产品平台可以由用户编程来执行精确定时加工，并且可以通过其TCP/IP或EtherCAT接口实现远程管理和诊断。DirectProcess 900的输出功率范围为200~1200W，体积小、重量轻、坚固耐用，非常适合直接安装在自动化平台或机器人上，还可以与II-VI的激光加工头和光导线缆一起部署。该产品几乎不需要维护。

II-VI，www.ii-vi.com

Q开关脉冲激光器

Litron公司的Nano TRLi DP系列包括一组全二极管泵浦的电光Q开关脉冲Nd：YAG激光器，输出能量高达170mJ，重复频率高达200Hz。



Nano TRLi DP系列基于双折射补偿双杆谐振器，可提供高均匀性输出光束。激光谐振器安装在由实心铝加工而成的主体中，以确保高机械和光学完整性。先进的二极管泵模块和极低电流纹波电子器件使输出具有卓越的稳定性，在6小时内在1064nm处的RMS优于0.2%。

所有配件均为螺栓连接，可随意添加和拆卸。智能系统控制器自动适应设定配置，允许在任何设置或应用中进行无缝控制。

Litron，www.litronlasers.com

MFPT-20脉宽可调脉冲光纤激光器

MFPT-20延续了创鑫激光以往MOPA系列激光器的优势，并在产品性能及可靠性方面新增亮点，优化的峰值功率分布使工艺调整更快速，工艺调整范围宽泛使材料适用性广，作为市面新型的激光打标核心部件，其打标效率及效果更具显著优势。



MFPT-20脉宽可调脉冲光纤激光器结构紧凑、单机、易于使用，可直接集成至用户设备中。输出功率20W，首脉冲可用，脉宽和频率独立可调，脉宽调节范围2～200ns，单脉冲能量200ns/45kHz时可达0.44mJ。

MFPT-20可应用于精细蚀刻、氧化铝打黑、不锈钢打彩、塑料高速打标、芯片标记等领域，是氧化铝高速打黑的理想选择。适用于工业和科研领域。

创鑫激光，www.maxphotonics.com

20W飞秒激光器



大族激光在2018中国国际工业博览会期间，展示了其首款飞秒激光器。该激光器为目前国内首款功率达20W的飞秒激光器，光学模式优异，M^2<1.3。现已实现小批量生产销售，且很快将有更高功率的产品推出。

该产品的主要特点包括模块化设计；工作频率在50kHz~4MHz范围内可调；脉冲个数1~15个可选，脉

宽窄，峰值功率高；最小脉冲宽度 600fs，最大峰值功率 >1MW；光斑模式好，基模输出；功率稳定性高。

应用领域主要包括玻璃、陶瓷等材料的标记与切割；传感器打标、蚀刻；金属表面处理，如去除铜发黑层；金属表面的精细打标；超疏水微纳结构加工等。

大族激光，www.hanslaser.com

微型拉曼光谱仪

Hamamatsu 公司生产的 C14214MA 微型拉曼光谱仪是一款专为拉曼光谱应用而设计的紧凑型设备。

该微型光谱仪的外壳尺寸为 100mm × 60mm × 12mm，重 95g，可容纳执行测量所需的组件，包括高通量石英透射光栅、图像传感器和驱动电路。CMOS 线性图像传感器包含 2048 个像素，具备与 CCD 相当的高灵敏度，并实现低功耗。C14214MA 微型光谱仪提供 790~1050nm 的灵敏度和 0.4nm FWHM 的典型光谱分辨率，最适合使用 785nm 激发光源的拉曼光谱应用。



该产品还附带评估软件，其功能包括设置测量条件、获取和保存数据、绘制图表等。此外，还提供 DLL 函数规范，以便用户可以创建其原始控件和界面软件程序。

Hamamatsu，www.hamamatsu.com.cn

新型MEMS–VCSEL扫频激光光源

Thorlabs 推出 1300nm MEMS-VCSEL 扫频激光光源的下一代版本 SL131090 和 SL132120，这是目前市场上唯一可商购的 MEMS-VCSEL 激光光源，其相干长度大于 100mm，可提供 100kHz 或 200kHz 的扫描速率。

这些激光光源基于获得专利的微机电系统（MEMS）可调谐垂直腔表面发射激光器（VCSEL），包括主动功率控件，可在激光器的整个使用寿命期间保持恒定的输出功率。提供所需的驱动电子设备和触发信号，以便轻松集成到自定义扫频光源光学相干断层扫描（OCT）系统中。由集成的 M-Z 干涉仪和驱动电子设备生成的“k-clock”数字信号可用作数据采集采样时钟，无需在 k 空间中进一步重新采样。K-clock 信号延迟可调节至最多 ±8ns。



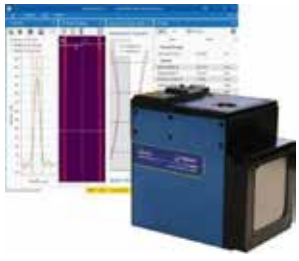
这些单模式台式光源专为需要卓越灵敏度的高速、长扫描量程 OCT 系统而设计，非常适合计量和光谱学等应用。

Thorlabs，www.thorlabschina.cn

非接触式激光束监测系统

Ophir BeamWatch AM 非接触激光束监测系统，为增材制造应用而设计，用于实时测量激光启动过程中的焦移。

该系统能够测量关键光束的大小、位置和质量参数，包括聚焦光斑尺寸和光束焦散线。测量结果可以显示为表格、2D 和 3D 视图。该系统使用瑞利散射对光束进行成像，不与激光接触，消除了激光损伤的可能性，并且能将测量过程加速两分钟。该系统能以高达 14Hz 的速率实时测量 1kW 的激光功率，无需冷却即可处理高达 120kJ 的激光能量。



Ophir-Spiricon，www.ophiropt.com/laser-measurement

超大尺寸四光束扫描金属3D打印设备

上海探真发布精密的大尺寸、多激光金属 3D 打印设备 TZ-SLM500A，它突破了现有单光束选区激光熔化成形的思路，率先提出四光束扫描的金属零件增材制造新方法，在保证零件成形质量的前提下，实现了大尺寸、高沉积效率和高精度的结合。

TZ-SLM500A 成形尺寸为 500mm × 500mm × 1000mm，是市面上成形尺寸最大的 SLM 金属 3D 打印设备。该设备攻克了多光束无缝拼接、四象限加工重合区制造质量控制等众多技术难题，实现了大型复杂金属零件的高效率、高精度、高性能成形。



在设备研制期间，已有 45 种零件在 20 余种航天型号研制中得到应用，先后为航天发动机、运载火箭、卫星及导弹等装备中 6 种型号 20 余种产品进行了样件研制，5 种产品通过了热试车，其中 4 种产品已经定型。

上海探真，www.techgine-3d.com

Advertiser	广告商名称	网址	页码
ACS Motion Control China		www.acsmotioncontrol.cn	15
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
贝林激光		www.bellinlaser.com	3
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/118-8615	21
FISBA		www.fisba.com	9
Jenoptik Optical System GmbH		www.jenoptik.com.cn/laseroptics	11
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	25
Pinnacle Scientific	顶尖科仪	www.psci.cn	17
Santec		www.santec.com.cn	IFC
VisionCon	视觉系统设计技术会议	vsdc.actintl.com.cn/VisionCon/2018/index.html	IBC
II-VI		www.ii-vi.com	1

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
John Lewis
johnml@pennwell.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

Hong Kong (香港特区)
VP of Sales & Marketing (销售副总裁)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

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

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

Shenzhen (深圳)
Jenny Li (李文娟)
jennyl@actintl.com.hk

Gavin Hua (华北平)
gavinh@actintl.com.hk
Tel: 86 755 2598 8571

Beijing (北京)
Cecily Bian (边团芳)
cecilyb@actintl.com.hk
Tel: 86 10 8484 4007

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

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

Grace Zhu (朱婉婷)
gracez@actintl.com.hk
Tel: 86 159 1532 6267

Asia (亚洲)

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

Taiwan, Singapore, Malaysia (台湾，新加坡，马来西亚)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

North America (北美)

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

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

Europe & Middle East (欧洲及中东)

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

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

VisionCon 2018 深圳站

VisionCon 2018
视觉系统设计技术会议

机器视觉技术为打造智慧型工厂推波助澜

中国制造业的转型升级势在必行，很多制造厂商已经开始行动，无数的智慧型工厂或者说无人工厂将逐渐遍布于各个制造领域，未来的工厂中，越来越多的机器将代替人工，甚至整个制造车间将变成无人区。除了各种自动化技术、信息互联、机器人等技术外，机器视觉技术也将成为智慧型工厂中不可或缺的关键一环。

由雅时国际商讯（ACT International）与《视觉系统设计》（Vision Systems Design China）杂志主办的视觉系统设计系列会议（VisionCon），在过去成功举办的经验基础上，为了更好的满足广大厂商和观众的需求，12月将再次登陆深圳，届时我们将邀请机器视觉产业链上各个环节的企业以及视觉系统集成商，以“机器视觉技术为打造智慧型工厂推波助澜”为主题，与大家共同探讨机器视觉技术在部署现代化智慧型工厂中的应用，内容将围绕智能制造、人工智能、机器学习、3D视觉、智慧工厂、高端机器人等热点话题，与您分享当前机器视觉行业的先进技术和解决方案。

VisionCon2018，我们在深圳期待您的参与！

地点：深圳马哥孛罗好日子酒店
规模：250–300名技术和管理人员
日期：12月11日

报名听会请扫描

大会主题

- 人工智能与机器学习技术的最新进展及应用
- 红外与人工智能相结合在机器视觉中的应用
- 镜头最新进展及在高清成像中的应用
- 偏振相机技术及创新应用
- 3D成像技术及最新应用
- 机器视觉照明的考量因素和打光技巧
- 智能相机以及在工业制造中应用
- 软件技术助力智能制造
- 视觉技术与物联网的融合
- 嵌入式视觉系统的构建及应用

2018年合作企业（部分）

Baumer · Edmund optics · 极清慧视 UHDVISION · 今明视觉科技 · LMI TECHNOLOGIES · wordop · FLIR · Microview · SUALAB · SONY · TELEDYNE DALSA · TELEDYNE e2v · UNIVERSAL ROBOTS · CR灿锐 · 炫相科技 · ViTEX · Kvision · DZO · 华睿科技 · ADLINK · computar · ViTEX · MICROMACH · BASLER · MVL · COOLENS · SENSOPART · VANCH · MONRAN · 中航仪器 · MORITEX





联系我们　www.vision-systems-china.com

香港 852-28386298
深圳 86-755-25988572
武汉 86-27-59233884
上海 86-21-62511200
北京 86-10-84844007

主办 ACT 20　支持单位 ASTRI　大会媒体 视觉系统设计 Vision Systems China

Aerotech 纳米级定位科技

直线定位平台 • 旋转定位平台 • 垂直举升与Z轴平台 • 测角仪

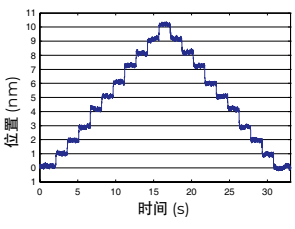


Aerotech生产之直线
奈米定位系统提供:

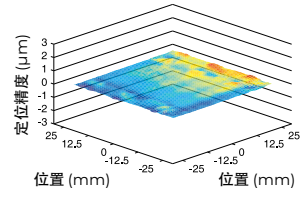
- 1 nm 分辨率
- <1 nm 定位稳定性
- ±75 nm 重复定位精度
- ±250 nm 定位精度
- 最高至160 mm 之行程

Aerotech生产之旋转
奈米定位系统提供:

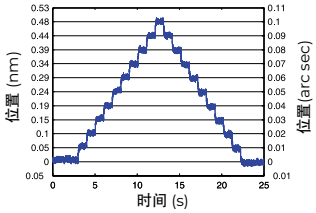
- 0.01 arc-second 分辨率
- 0.005 arc-second 定位稳定性
- 1.5 arc-second 重复定位精度
- 3 arc-second 定位精度
- 360° 连续旋转运动或有限行程旋转运动



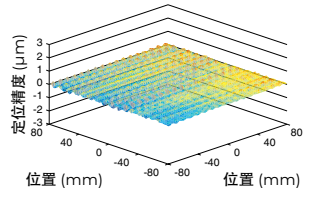
ANT95L 1 纳米步阶图



ANT130XY 2D定位精度测试图面



ANT95R 0.01 arc-sec步阶图



ANT95XY 2D定位精度测试图面

AEROTECH

www.aerotech.com • +86 (21) 5508 6731