

激光世界

LaserFocusWorld[®] China

智能光纤传感系统协同 物理边界墙增强边境保护

22

2019年年中市场解读：
激光市场仍然充满复杂性 10

带法兰的新型高功率光纤
连接器简单易用 13

电泵浦有机二极管激光器
取得新进展 28



微信公众号

Think Precise

70 Years
Creating Optopia



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

FREE
DEMO





LEAP Expo 华南国际智能制造、先进
电子及激光技术展览会
2019年10月10-12日·深圳会展中心
欢迎莅临贝林激光展位: **2E73**



「脉宽 < 15ps」

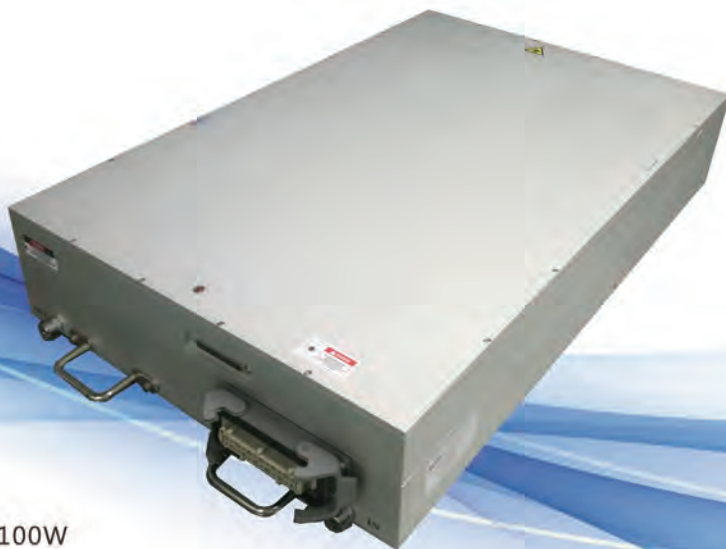
「DPSS固体皮秒激光器」

「超过800台皮秒激光器销售及应用」

「应用领域: 5G、半导体、显示、医疗等」

工业级

皮秒激光器



敬请关注微信公众号

飞秒

红外 20W | 50W | 100W

皮秒

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

纳秒

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

苏州贝林激光有限公司(联系方式)

📍 苏州工业园区苏虹中路77号

☎ 0512-87773416

🌐 www.bellinlaser.com



22 封面故事

光纤传感

智能光纤传感系统协同物理边界墙增强边境保护

分布式光纤传感架构通过提供准确、经济、实时的边境入侵监控，形成对物理边界的一种有力补充。

市场风向标

- 10 2019年年中市场解读：激光市场仍然充满复杂性
12 到2024年，全球激光二极管市场增长将接近8%

应用天地

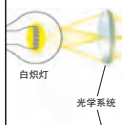
13 光纤光学



带法兰的新型高功率光纤连接器简单易用

利用能够固定中心位置的法兰，新型高功率光纤连接器即插即用，结合特殊的空芯光纤，已经成功实现了超短激光脉冲的传输。

16 光纤光学



开启创新的光纤应用

要有效地将光耦合到这些小直径光纤中，必须需要一种新型光源。利用激光二极管泵浦Ce:YAG晶体，实现了能易于耦合到小直径光纤中的光源。

20 增材制造



激光增材制造，走向更广泛的应用领域

相比于传统的减材制造技术，激光增材制造技术具有灵活性高、制造结构几乎不受限制等优点，已经在很多应用中发挥作用。

技术中心

26 增益介质



MIPT称Weyl半金属是完美的激光增益介质

Weyl半金属是一种“奇迹材料”，其中辐射复合超过俄歇复合占主导地位，这种材料有望成为完美的激光增益介质。

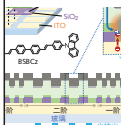
27 红外探测器



非冷却短波和中波红外纳米线光电二极管

磷化铟衬底上的InAs和InAsSb纳米线，形成适用于焦平面阵列的室温工作的SWIR或MWIR光电二极管。

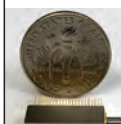
28 电泵浦激光器



电泵浦有机二极管激光器取得新进展

日本的一个研究小组使用一种有机化合物薄膜作为增益介质，实现了电泵浦有机二极管激光器的窄带蓝光激光发射。

30 可调谐激光器



硅光子学拓宽通信与科研激光器的可调谐选择

更少的部件、更少的组装和工艺步骤，使得硅光子可调谐激光器在尺寸、功耗和成本方面都在缩减，以满足数据中心的应用需求。

光子学产品

33 激光雷达用激光器



单片多通道激光器将汽车激光雷达推向实际应用

四通道激光器和超快驱动器，可在2ns脉冲内提供超过480W的峰值功率，克服了“激光雷达技术中以短脉冲传输激光、同时保持高峰值功率”的障碍。

商业论坛

37 激光市场不断演进，价格战仍将继续

——访相干公司总裁兼CEO John Ambroseo

6 编者的话

8 前沿简讯

40 产品摘英

44 广告索引

关于《激光世界》

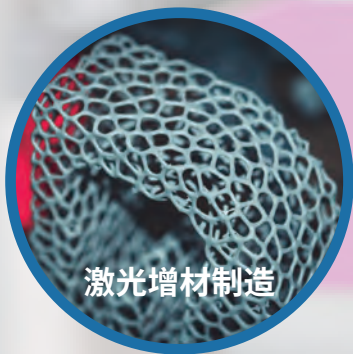
《激光世界》杂志创刊于2005年，是世界著名杂志《Laser FocusWorld》杂志的中文版本，也是在中国市场为激光与光电子行业的工程师、研究人员、科学家以及专业技术人员提供的专业期刊。《激光世界》的内容涵盖全球激光与光电子技术、工业与科研应用、市场信息以及中国本地市场的相关报道。

《激光世界》采用简体中文印刷，双月刊，每期发行量超过9,500册，面向激光与光电子行业内合格的读者群。同时，我们的电子杂志和网站将覆盖更广泛的读者群。

请查询本刊专业网站：www.laserfocusworld.com.cn。



扫一扫 免费下载电子书



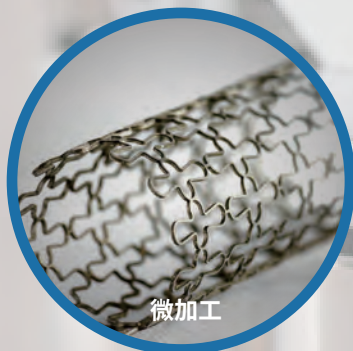
激光增材制造



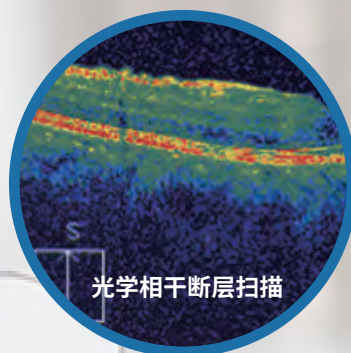
激光打标及编码



数字模切



微加工



光学相干断层扫描

创新的激光光束扫描技术

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

如需了解更多信息, 请联系我们。

 www.cambridgetechnology.com

 scanners@cambridgetechnology.com



CAMBRIDGE
TECHNOLOGY

A Novanta Company



22 COVER STORY

Fiber-optic Sensing

Smart fiber-optic sensing systems enhance physical border walls and fences

Distributed fiber-optic sensing architectures complement physical borders by providing accurate, cost-effective, real-time monitoring of perimeter intrusions.

MARKET WATCH

- 10** Mid-year 2019 for the laser market is still complicated
- 12** Global Laser Diode Market to Grow Nearly 8% through 2024

APPLICATIONS

13 Fiber Optics

New flange high-power fiber connector is easy to use

Using centering flange, the new high-power fiber connector enables plug-and-play ability, and together with special hollow-core fiber, ultra-short laser pulses have been successfully transmitted.

16 Fiber Optics

Lighting up innovative optical fiber applications

Efficient coupling of light into these small-diameter fibers necessitates a new type of light source. Laser diode pumped Ce:YAG crystal generated light which can be easily coupled to small diameter fibers.

20 Additive Manufacturing

Laser additive manufacturing is moving towards more and more application fields

Laser additive manufacturing has the advantages of high flexibility and almost unlimited manufacturing structure, and it has found more and more applications in many industries.

TECHNOLOGIES CENTER

26 Gain Media

MIPT says Weyl semimetals are the perfect laser gain media

Weyl semimetals is called a kind of "wonder material", in which radiative recombination dominates over Auger. Weyl semimetal could be the perfect gain medium for lasers.

27 IR Detectors

Short- and mid-wavelength infrared nanowire photodiodes are uncooled

Nanowires of InAs and InAsSb on an indium phosphide substrate form room-temperature SWIR or MWIR photodiodes suitable for focal-plane arrays.

28 Electrically Pumped Lasers

Electrically pumped organic diode laser comes to fruition

A Japanese research team used a kind of organic compound film as a gain medium, and achieved narrowline blue laser emission from an electrically pumped organic diode laser.

30 Tunable Lasers

Silicon photonics expands tunability options for communications and scientific lasers

Fewer parts as well as less assembly and process steps, making silicon photon tunable lasers are reduced in size, power consumption and cost to meet the application requirements of data centers.

PHOTONICS PRODUCTS

33 Lasers for Lidar

Monolithic multichannel laser moves automotive lidar toward practical use

A four-channel laser and ultrafast driver delivers more than 480 W peak power in 2 ns pulses, which overcomes the barrier of transmitting laser light in short pulses while maintaining high peak power.

BUSINESS FORUM

- 37** Laser markets evolve, price battles continue —an interview with John Ambroseo

6 EDITOR'S NOTES

8 LEADING EDGE SNAPSHOTS

40 PRODUCTS HIGHLIGHTS

44 AD INDEX

About Laser Focus World China

Published since 2005, Laser Focus World China, the Chinese edition of the world famous Laser Focus World magazine, is the professional magazine for engineers, researchers, scientists, and technical professionals in China. It provides comprehensive global coverage of optoelectronic technologies, industrial and R&D applications, and market information. The editorial content licensed exclusively from Laser Focus World magazine is supplemented by content generated by our own editors in China. Laser Focus World China is published every other month in simplified Chinese and distributed to over 9,500 qualified optoelectronics professionals in China. Through our digital magazine and website we provide coverage to an even larger audience base. Please visit our relevant website, www.laserfocusworld.com.cn.

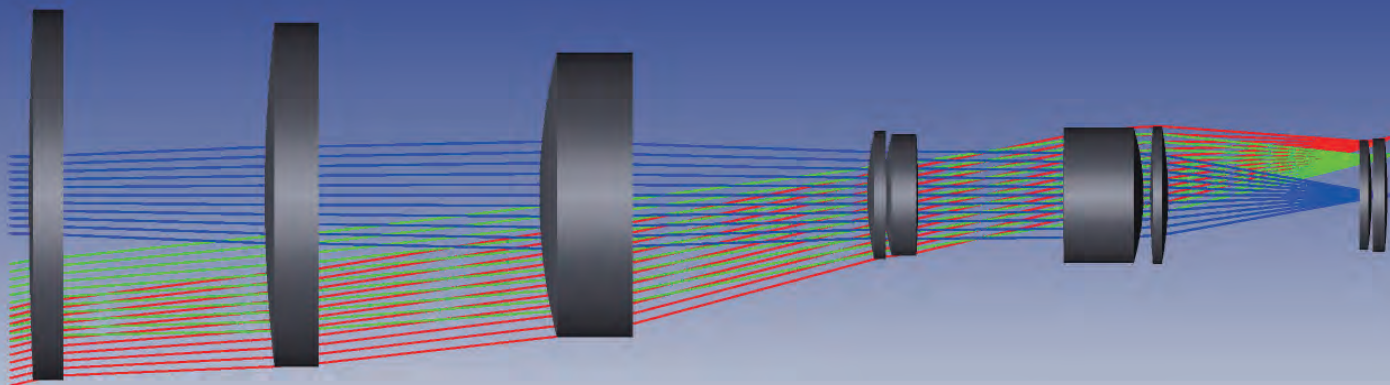
Laser Focus World China, ISSN 1817-6917 is published bi-monthly by ACT International, Unit B, 13/F, Por Yen Building, No. 478 Castle Peak Road, Cheung Sha Wan, Kowloon, Hong Kong, under the license of PennWell Corporation, 1421 S. Sheridan Road, Tulsa, OK 74112. Copyright 2010. All rights reserved. This publication contains article reprinted from Laser Focus World magazine. Laser Focus World is exclusively owned and published by PennWell Corporation. PennWell Corporation is not responsible in any way for the editorial policy and expressly disclaims responsibility for, and makes no warranties, express or implied, with respect to the content of this publication or the performance or reliability of products described herein that are products described by independent vendors.

高良率优化

快速、高效改进光学设计成品性能的方法

优化成品性能

作为光学产品设计软件的领导者，Zemax不断研究和推出新的方法，帮助光学工程师改进其设计和工作流程。Zemax将在本届中国国际光电博览会(CIOE)期间为大家介绍一种快速、高效改进光学设计成品性能的方法——高良率优化。



迄今为止，设计一直都是分为两步流程

传统上，我们会对光学设计先进行优化，之后再进行公差分析，这是两个单独的步骤。基于这样的流程，最终实际生产出的成品性能往往与设计性能存在一定的差异。将这两个步骤整合是否会改进成品性能？这正是高良率优化要解决的问题。欢迎莅临Zemax CIOE展位聆听我们的工程师为您带来相关的技术讲座。

高良率优化技术讲座

2019.09.04, 星期三

地点: 9号展馆 9E11



2019.09.04-07

9号展馆

展位号: 9E11

欢迎参观2019 CIOE并莅临我们的展位

扫码免费获取《Zemax OpticStudio 入门指南》

Zemax
Zemax.net.cn

光纤传感 & 光纤应用

光 纤，除了人们熟知的用于通信领域的传输媒介之外，它还有一种非常重要的应用——传感。基于光纤的散射特性，光纤能够探测并传导温度、应变等物理量，人们通过这些物理量的改变来做具体的传感分析。

经过了几十年的技术发展，光纤传感技术凭借着易于集成、操作可靠、成本低廉等优势，已经被广泛应用于各种油气管道、建筑物、铁轨、高速公路等大型基础设施的“健康状况监控”，另外光纤传感还在人流量监控、车辆运动、边界入侵情况等远程监控应用中，发挥着越来越广泛和越来越重要的应用。

未来，石油、交通隧道、电力、边境安防、大型建筑安全等领域，将是分布式光纤传感技术应用增长的关键市场。

在本期的封面故事中 (p22)，作者介绍了一种基于分布式声学传感 (DAS) 技术的边境安全防护网。通过将探测光纤安装到实体防护墙上以及掩埋到边界地下，从而形成一张无形的强大光纤防护网，可以根据探测到的人类活动情况，提醒边境管理人员做出相应的举措。光纤防护网作为实体物理防护墙的一种有力补充，同时还可以选择配备更先进的摄像头监控技术，所有这些综合在一起，将为边境安全保护提供强大保障。

随着激光在工业加工领域的应用越来越广，如何将光源产生的激光保质保量、又简单快捷地传输到激光加工头，并不简单。德国一家公司提出了一种创新的光纤连接概念，利用能够固定中心位置的法兰，结合特殊的空芯光纤，成功实现了超短激光脉冲的“即插即用”型光纤传输 (p13)。

通过小直径光纤传递照明，正在内窥镜检查、玻璃体视网膜手术等生物医学应用中发挥重要作用。但是，要有效地将光耦合到这些小直径光纤中绝非易事。

Doric Lenses 公司利用蓝光激光二极管泵浦 Ce : YAG 晶体，其产生的激光能很容易地耦合进芯径 200μm 的光纤中，进一步拓展了光纤的应用 (p16)。

2019 年已经过去半年多的时间，对于全球激光市场，这半年多的发展状态如何？市场研究公司 Strategies Unlimited 的首席分析师 Allen Noguee 表示，2019 年对于激光行业来说是动荡的一年，中美贸易局势让整个行业中充满了观望状况和复杂的不确定性；2019 年全球激光收入将会走低，但是一旦中美贸易局势得到缓解，市场会很快复苏 (p10)。

本期内容中还涉及了激光增材制造技术的几个最新应用案例 (p20)；研究小组使用有机化合物薄膜作为增益介质，实现了电泵浦有机二极管激光器的窄带蓝光激光发射 (p28)；相干公司总裁兼 CEO John Ambroseo 对全球激光市场发展的独家观点 (p37)。希望对读者朋友有参考价值。□

本刊编辑部

中国/香港特别行政区 China / Hong Kong SAR
电话 (852) 2838 6298
传真 (852) 2838 2766
地址 香港九龙长沙湾青山道478号
百欣大厦13楼B室

出版总监 麦协林 Adonis Mak
电邮 adonism@actintl.com.hk
社长及副总裁 麦协和 Mark Mak
电邮 markm@actintl.com.hk
中国区总经理 徐旭升 Michael Tsui
电邮 michaeltsui@actintl.com.hk
中国版主编 庞会荣 Rossie Pang
电邮 rossiep@actintl.com.hk
记者 胡雯 Lily Hu
电邮 lilys@actintl.com.hk

免费赠阅咨询
电话 (86) 755 2598 8571
传真 (86) 755 2598 8567
电邮 lfmc-sub@actintl.com.hk

特约编辑
In My View Jeffrey Bairstow
电邮 inmyview@yahoo.com
Industrial Lasers David A. Belforte
电话 (1) 508-347-9324
电邮 dbelforte@endeavorb2b.com
Valerie Coffey
电话 (1) 978-263-4485
电邮 stellaredit@gmail.com
Photonic Frontiers Jeff Hecht
电话 617-965-3834
电邮 jeff@jeffhecht.com
Imaging 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

ENDEAVOR
BUSINESS MEDIA

尖端技术部通讯与光电子分部
副总裁 / 集团出版人 Alan Bergstein
电话 (1) 603-891-9178
电邮 alanb@endeavorb2b.com
副出版人/总编辑 John Lewis
电话 (1) 603-891-9320
电邮 jlewis@endeavorb2b.com
高级编辑 John Wallace
电话 (1) 603-891-9228
电邮 jwallace@endeavorb2b.com
高级编辑 Gail Overton
电话 (1) 603-305-4756
电邮 goverton@endeavorb2b.com
管理编辑 Lee Dubay
电话 (1) 603-891-9116
电邮 ldubay@endeavorb2b.com

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

尖端技术分部
读者服务主任 Debbie Bouley

地址 Laser Focus World, 61 Spit Brook Road,
Suite 501, Nashua, NH 03060
电话 (1) 603-891-0123
网址 www.laserfocusworld.com

II-VI

MWCS

MECHANICAL WORKING
AND TOOLING CONGRESS
2019, SHANGHAI

数控机床与金属加工展

工业4.0及中国制造2025首发平台

国家会展中心（上海虹桥） 2019年9月17-21日

欢迎光临我们的展位：**4.1H C091**

光纤激光镜片



12KW 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



CO₂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

**II-VI Infrared Laser
(Suzhou) Co., Ltd.**

地址：江苏省苏州工业园区星汉街5号1幢412室 215021

电话：0512-6761 9295

传真：0512-6767 1207

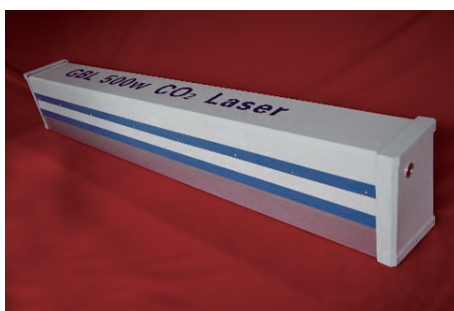
网站：www.ii-vi.com

邮箱：infosz@ii-vi.com.cn

传统封离型直流激励 CO₂ 激光器功率达数百瓦级

传统的封离型 CO₂ 激光器已经为各类应用服务了数十年，其特点是制造成本低，虽然输出功率低（仅在 100W 左右）、工作寿命比较短，但易于广泛地普及应用，每年都有数十万台的市场需求量，它对激光应用领域依然发挥着巨大贡献。

在传统封离型 CO₂ 激光器产品和数千瓦级别的高功率器产品之间，一直存在一个数百瓦的空白段。长期以来，人们一直在努力尝试各种形式的设计，企图将该类激光器的输出功率提高到数百瓦的水平，以填补这个空白段，进而满足市场的需求。然而遗憾的是，始终未能获得真正具有现代产品要素的、数百瓦输出功率的中功



率封离型 CO₂ 激光器产品。

上海高波激光科技有限公司经过十几年的研发，近年来获得技术上的突破，已研发成功 300~600W 的中功率封离型 CO₂ 激光器，并且一些产品已经投入市场，用户使用结果已初步表明了该产品具有应用前景，特别适用于非金属材料的切割加工。

该产品采用了金属构件和玻璃放电管的合理配置，有效避免了折叠的玻璃放电管与金属结构件之间，由于热膨胀系数差异而产生的激光谐振腔变形问题，获得了稳定的高输出功率。激光器底座是一个储存更多激光气体的腔体，因此该激光器具有更长的使用寿命。由于该产品摆脱了传统的纯玻璃结构，因而实现了具有现代产品要素的、数百瓦中功率封离型直流激励 CO₂ 激光器。它的问世，将为提高非金属材料的切割能力提供优秀的激光光源。为了满足市场需求，上海高波激光科技有限公司正寻求优秀的合作伙伴进行该产品的量产和推广。（文/丁健君，上海高波激光科技有限公司）□

高功率窄线宽光纤激光器研发取得重要进展

由山东海富光子科技股份有限公司牵头承担的国家重点研发计划重大科学仪器设备开发重点专项“高功率窄线宽光纤激光器”项目，经过近两年的努力，突破了半导体增益芯片设计制备与高效封装耦合、玻璃光纤制备中，新型热熔键合以及高浓度均匀掺杂、窄线宽光纤激光放大器非线性效应抑制等关键技术，开发出了高功率窄线宽光纤激光器样机。近期，该项目通过了科技部高技术中心组织的中期检查。

高功率窄线宽光纤激光器兼备高峰值功率及窄线宽特性，同时采用全光纤结构，是激光精密测量、激光测距和遥测等重大科学仪器的关键核心部件之一。

目前国内高功率窄线宽光纤激光器主要依赖国外进口，国内还不能实现产品级的整机供货。该项目通过采用非对称光栅的脊波导和大光腔的锥形增益结构，优化了光栅结构参数，减少激光器的线宽值，发出高可靠性窄线宽脉冲激光种子

源。该项目研究了高倍率低噪声光放大、窄线宽光纤激光器中的 SBS 抑制、SPM 补偿和模式控制等关键技术，获得了高功率窄线宽光纤激光输出；开发了可工程化应用的高功率窄线宽光纤激光器；开展了激光雷达遥感的应用示范研究和产业化推广。

该项目下一步将加强仪器可靠性的整体设计，加快可靠性试验验证，提高产品稳定性；进一步加快应用示范的进度及工程化实施。□

超高速激光脉冲实现陶瓷的室温低功率焊接

陶瓷材料具有生物相容性，极度僵硬且抗破碎，并且隔热阻电，所以非常适合用于生物医学植入物和电子材料的保护套。然而，将陶瓷焊接到一起的难度一直都很大，因为它们需要极高的温度才能熔化，并要承受极端的温度梯度，容易引起破裂。

最近，美国加州大学圣迭戈分校与加州大学河滨分校的工程师团队，开发出一项新的陶瓷焊接技术，能在室温下利用超快激光脉冲实现陶瓷焊接。新的焊接技术采用一系列短激光脉冲，沿着两个陶瓷部分之间的界面进行瞄准，使得热量只在界面上逐步增长，并引发局部熔化，从而将它们焊接到一起。研究人员称这种方法为“超高速激光脉冲焊接”，这项工艺可以在普通环境条件下实现，并采用低于 50W 的激光功率，比现有需要在

熔炉中加热的陶瓷焊接技术更加实用。

为了让该方案起作用，研究人员进行了两方面优化：激光参数（曝光时间、激光脉冲的数量和脉冲的持续时间）以及陶瓷材料的透明度。通过正确的组合，激光能量与陶瓷强烈地结合到一起，从而可以在室温下利用低功率（低于 50W）激光完成陶瓷焊接。

通过将想要的能量聚焦到一起，避免了设置遍布整个陶瓷的温度梯度，从而可以在不损毁这些温度敏感材料的情况下包装它们。

为了进行概念验证，研究人员将



一个透明的圆柱形盖子焊接到陶瓷管内部。测试表明，这个焊接的强度足以保持真空。

目前这项工艺只用于焊接尺寸小于 2cm 的小型陶瓷部件。未来的计划将涉及这个方法的优化，从而使之应用于更大尺寸的部件，以及各种不同的材料和几何形状。□

上海光机所在锁模拉曼光纤激光器研究方面获新进展

上海光机所高功率光纤激光技术实验室在“锁模拉曼光纤激光器研究”方面取得新进展。采用全保偏的非线性光学环形镜锁模，获得高性能线偏振耗散孤子拉曼激光输出，激光脉冲的时域稳定性大幅度提高；在锁模拉曼光纤激光器中引入脉冲峰值功率钳制效应，实现了高能量的矩形脉冲输出。

拉曼光纤激光器以光纤中的受激拉曼散射效应作为增益机制，具有波长灵活的优势。在拉曼光纤激光器中实现脉冲激光输出，可以有效拓展脉冲激光的应用范围。

在众多基础科学研究和生物医疗领域中，往往需要特殊波长的超短脉冲激光为线偏振。针对这一需求，课题组采用非线性光学环形镜锁模的方式，搭建全保偏的激光器谐振腔，并在谐振腔内加入起偏元件来保证输出激光的线偏振状态。同时，研究人员根据光纤中的拉曼散射响应速度极快的特点，采用时域更为稳定的放大自发辐射源作为泵浦，并在谐振腔内引入耗散机制，实现了拉曼耗散孤子输出，有效提升了拉曼超快激光的整体性能。得到的拉曼超快激光脉冲重复频率为 1.23MHz，最大脉冲能量和

最小脉冲宽度分别为 1.23nJ 和 63ps，射频谱信噪比高达 85dB。

为提高锁模拉曼光纤激光器输出脉冲能量，课题组在非线性光学环形镜锁模机制下，通过优化环形镜长度引入脉冲峰值功率钳制效应，使脉冲能量和脉冲宽度随泵浦功率提升而增大，且不会发生脉冲分裂。最终获得了高能量的线偏振矩形拉曼脉冲输出，输出脉冲的最大能量为 64.1nJ，最大脉冲宽度为 25.1ps。与此同时，还观察到了拉曼脉冲的时域形状随着泵浦功率提升、而由普通矩形脉冲慢慢演化为阶梯状矩形脉冲的现象。□

2019 年年中市场解读： 激光市场仍然充满复杂性

文/ Allen Noguee

到 目前为止，2019 年对于大多数行业都是动荡的一年，包括激光器领域。中美贸易关税是造成这种不确定性的主要原因，当然这些关税问题也间接地引发了一些其他问题，并且对中美经济都造成了一定的负面影响，甚至引发了中美关系紧张。例如，中国是世界上最大的石油买家，但在贸易战谈判开始后，北京的美国原油进口量立即暴跌。农业领域也是如此，随着贸易战的升级，中国企业已经停止购买美国的农产品，这可能会对美国农民产生巨大的负面影响。



激光行业的情况又如何呢？

事实证明，激光行业的情况更加复杂。尽管中国是世界上最大的激光器消费国，特别是在材料加工领域，美国和欧洲公司为中国市场提供了这些激光器中的大部分，至少在高功率产品领域是如此。事实情况是，中美贸易战并未对出口到中国的激光器产生直接的重大负面影响。

这主要是出于两个原因。首先，大多数美国大型激光产品制造商都是跨国公司，如果需要，他们有能力将激光生产转移到不同的国家。在美国以外制造的激光器，在运往中国时不受关税限制，因此，这些公司并不是将美国制造的激光器运往中国，而是将制造转移到欧洲，然后绕过关税将这些激光器运往中国。也有一些公司已经将他们的生产转移到了中国，中国就不再征收关税。当然，没有这种能力向中国销售激光器的美国小型激光制造商，就遭受到了更

大的打击。

第二，许多出口到中国的激光器都是专用的高利润激光器，能够替代的产品很少。关税通常适用于这些激光器；由于这些激光器产品的利润空间足够大，因此即使在关税方面增加一些成本，这些制造商也是能够承受的。这些激光器通常用于科研领域。这些激光器的利润率足够高，足以抵消部分关税。

出口到美国的中国激光器也因为关税问题受到了影响，但总体上的影响不算大。中国出口到美国的激光产品，通常是低成本的切割机和雕刻机，在中国以外没有太大的竞争。大多数美国制造商早就退出了这些设备市场，特别是在中国竞争的低成本市场。即使这些激光产品增加了关税，但它们的成本仍然低于美国制造的竞争产品的成本。在这种情况下，美国消费者最终会愿意支付关税。

虽然中美之间的贸易关税并没有对激光销售产生直接的巨大负面影响，但这并不是说一切都很好。激光在很大程度上被用于制造产品，但是如果这些被制造的产品出货量减少了，那么激光产品的销售也会随之减少。

最近几年，中国经济一直处于放缓状态；事实上，多

年来随着中国经济规模的增长，增长放缓也是完全正常的。去年，中国经济的降幅略高于预期，但降幅不大。对于激光器来说，今天面临的一个更大的问题也许不是中国的经济状况，而是欧洲经济的放缓。欧盟是世界上

最大的经济体，欧盟的问题将转化为其他地方的问题。至于美国经济，它一直保持着自己的节奏，但也有令人不安的迹象困扰着经济学家，一些人预测 2020 年美国将出现衰退，这将对最后一个稳定的激光市场带来负面影响。

那么，今年激光器的实际销售情况如何呢？需要说明

**"To date, 2019 has been a
crazy year in most
industries, including lasers."**

—Allen Noguee

的是，2019 年刚刚过去半年多一点的时间，很多调查数据还没有全部出来，特别是来自中国等地的数据。在任何情况下，在某些领域肯定会出现放缓；但老实说，考虑到我们在其他产品方面经历的贸易放缓，激光器领域的事实并不像我最初担心的那样糟糕。

首先来看材料加工市场。2018 年第三季度至 2019 年第二季度，来自材料加工市场的激光收入同比下降约 14.5%。总体而言，中国和欧洲占据了市场下降的大部分份额，北美市场与去年同期持平。需要注意的是，对于 4kW 及以下功率的连续波激光器，价格已经大幅下降，因此对于这一类产品而言，其销量的增长率要高于收入的下降率。收入下降的两家典型公司是 IPG 和 nLight。2019 年第二季度，

IPG 在中国市场的激光收入比 2018 年第二季度下降了 23.8%；而 nLight 2019 年第二季度在中国的收入，同比下降了 31.9%。在这段时间内，中国激光公司的收入也普遍出现了下降，但下降的速度远低于国外公司。

在通信领域，2018 年第三季度至 2019 年第二季度的激光收入，与上年同期相比下降了 12.4%。电信业一直受到电信运营商为 5G 建设网络这一市场需求的驱动。来自数据通信的激光收入呈现出下降势头。综合以上因素，来自通信市场的激光收入出现下降，但我们预计，随着 5G 网络的部署，这种情况将会在明年发生转变。

截至 2019 年上半年，来自医疗设备市场的激光收入增长了约 4.5%，增长的驱动力主要来自亚洲美容市场

的增长。来自军事、政府和国防领域的激光收入强劲增长，增长幅度超过 28%，这主要是受到美国和其他地方定向能武器发展的推动。

至于用于 3D 传感领域的 VCSEL，由于有传言称苹果将在 2020 年向 iPhone 中添加 3D 传感器，并且 Android 手机也开始增加人脸和距离测量传感器，因此 VCSEL 的销售增长看起来很乐观。未来我们也会提供更多关于 VCSEL 的市场报道。

总体而言，2019 年的激光收入可能会略有下降，但假设世界经济没有大幅下降的话，并且中美之间的贸易紧张局势能够得到解决的话，未来的激光收入可能会迅速恢复。当然，这些问题似乎并不是很快就能解决的。□

曾以Rofin-Sinar UK闻名于世，现在骄傲地向您介绍我们的新品牌...

LUXINAR

罗 悉 激 光

2019新品上市



获取更多应用资讯
微信关注罗悉激光

■ OEM 100iX封离型CO₂激光器，LXR 100超快激光器，即将登场

■ 引领封离型CO₂激光器 (5-1000W) 制造二十余载

■ 更多的新产品将延伸至更宽的领域

■ SR系列封离型CO₂激光器
SR 10i/SR 15i/SR 25i型

■ OEM系列封离型CO₂激光器
SCX 35/OEM 45iX/OEM 65iX型

■ 相同的产品，相同的服务，相同的人员，相同的工作地点

到 2024 年， 全球激光二极管市场增长将接近 8%

文/LFWC

市场研究公司 ResearchAndMarkets 最新推出的研究报告——《激光二极管市场：全球行业趋势、份额、规模、增长、机遇和 2019-2024 年预测》显示，2018 年全球激光二极管市场达到了 76.1 亿美元，预计到 2024 年，该市场规模将达到 118.9 亿美元，2019-2024 年间的复合年增长率达 7.71%。

报告中对全球激光二极管市场的所有基本方面进行了深入研究，包括从宏观市场概况到行业绩效的微观细节、近期趋势、关键市场驱动因素和挑战、SWOT 分析以及价值链分析等。

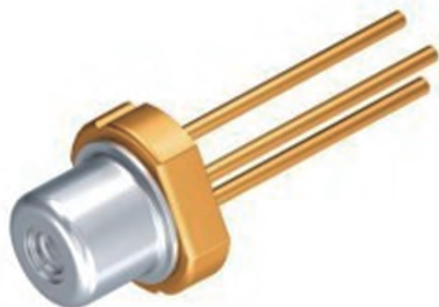
市场驱动因素

在过去的几年里，医疗行业对激光二极管的需求呈增长趋势。激光二极管可以帮助医生更精准地将光束聚焦在目标区域，防止对周围区域造成任何损伤。因此，半导体激光二极管在脊柱、心血管和白内障手术中的应用不断扩大。除此之外，激光二极管在脱毛、塑身、LASIK 手术、皮肤修复、纹身去除、祛皱以及减少色素沉着等方面，也有着广泛的应用。

在工业领域，激光二极管由于具有体积小、便于维护、波长短、电效率高优点，被广泛应用于材料加工领域。这些材料加工应用包括金属焊接、金属硬化、激光钎焊、激光熔覆和金属切割。随着材料加工成为汽车、航空航天、重型工程和消费电子行业制造过程中不可或缺的一部分，这些行业对激光二极管的需求正在日益增长。

与此同时，研究人员和开发人员不断地在激光二极管行业引入创新技术，以便能以较低的价格提供更方便和更高精度的产品。例如，作为市场上的主流厂商之一，相干公司通过将水冷器直接集成到激光头中，进一步改善了激光二极管的使用。

在汽车工业中，激光二极管正被用于制造汽车前照大灯，因为它们可以提高驾驶员的能见度，从而提高道路交



通安全性。除此之外，它们还提供了与任何其他当前大灯技术相比最长的照明范围。预计在未来的几年中，由于豪华车的需求不断增加，受收入水平和生活水平提高的推动，用于汽车工业领域的激光二极管销量将大幅增长。

分类市场

从产品类型来看，目前市场上的激光二极管产品主要分两大类：注入式激光二极管（ILD）和光泵半导体激光器（OPSL）。目前，注入式激光二极管是最受欢迎的产品类型，占有绝大多数的市场份额。

从应用层面来看，全球激光二极管市场主要分为光存储和通信、工业应用、医疗应用、军事和国防应用以及仪器仪表和传感器应用。目前，工业应用占据绝大部分市场份额，是最大的应用领域。

从地域层面来看，亚太地区在全球激光二极管市场上处于领先地位。汽车、重工业和一般制造业对材料加工不断增长的需求，正在推动该地区激光二极管市场的增长。其他主要市场还包括北美、欧洲、拉丁美洲、中东和非洲。

从竞争格局来看，市场比较分散，存在着很多大大小小的制造商在价格、质量和创新方面相互竞争，当然也存在一些主流的企业，如相干公司、欧司朗、通快、Jenotik 等。□

光纤光学

带法兰的新型高功率光纤连接器简单易用

文/ Andreas Thoss, Björn Wedel

随着工业激光器已经成为制造业领域常用的商品，高功率光纤连接器扮演的角色就如同墙上的插座一样。当然这只是个简单的比喻，事实上激光光缆远非如此简单，但是来自德国柏林的一家小公司提出了一种看起来很有前景的新型光纤连接器概念。

近年来已经出现了很多为工业应用准备好的高功率固态激光器，包括光纤激光器。这些激光器在市场数量上已经占据了领先地位：经过各种技术改进，它们已成为工业激光系统的最大应用领域——切割和焊接中，无可争议的标准工具。

除了这些激光器的效率优势外，在柔性激光光缆中使用玻璃光纤，使得固态激光器使用起来更加方便。“即插即用”在一定程度上是这项技术为激光传输描绘的前景。这些连接器内部是复杂的光机械技术，需要极高的精度。虽然一些连接器系统已经成为该领域的标准配置，但它们都不完美。这里介绍的是一种基于现有光纤激光光缆的丰富经验而开发的新方法。

高功率光纤连接器的要求

人们通常会将激光光缆与电源线进行比较，但激光与电流有很大不同，光缆也与电源线不同。除了连续波 (CW) 功率或脉冲能量之外，激光束中还包括诸如光束形状、偏振和空间

模式数量等特性，这使得合适地传输激光更具挑战性。

在传输激光的过程中，对光纤连接器和光缆有一个常识性的要求，即尽量以尽可能低的功率损耗和光束质量损耗，将宝贵的激光功率传输到激光加工头。光缆和连接器必须不改变聚焦位置或光束指向角度。当然，还要能够在不重新调整任何组件的情况下再次插入。

此外还有一项不太明显的要求：连接器和电缆必须符合激光光源的规格。虽然连接器和光缆都应该能够承受特定（种类）激光器的不同设置，但是相同光缆不可能用于不同类型的系统，例如绿光和红外激光器，或者超短脉冲 (USP) 激光器和二极管激光器，即使它们工作在相同的波长。此外，必须包含光纤连续性监测系统 (FCMS)，并且必须通过机械或电子手段避免任何不匹配和由此产生的不连续性。

这时候归结到的问题就是：如何最大化光纤的耐久性。例如，在连接器内部，可以用镀有减反射 (AR) 薄膜的端帽和可选的附加保护窗来保护光纤。将激光束耦合到光纤中也很棘手，因此制造商必须开发合适的对准、检验和清洁技术。另外，包装和

布线也不容忽视。

最后一点，也是非常重要的一点，就是最终用户的需求。与激光光源类似，激光光缆及其连接器作为两种商品，它们必须价格便宜。更重要的是要考虑到工业激光应用（如汽车制造）中，24/7 的连续运行时间。光纤连接器既需要便于做系统集成，同时还要符合激光安全法规。最后，服务、备件保障以及产品生命周期内的支持也非常重要。

借鉴当前解决方案的新概念

从历史上看，光纤连接器是一个插入到光纤插座中的长圆柱体或圆锥体（见图 1）。一些公司，例如瑞典 Optoskand 公司和德国 Trumpf 公司，已经在这项技术方面开展了基础性开发工作，现在任何制造商都可以使用这些设计。这两种概念都可以看作是

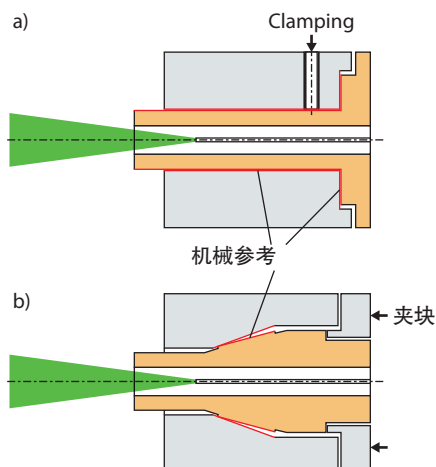


图1：两个基本连接器概念包括圆柱形连接器 (a) 和圆锥形连接器 (b)；机械参考区域标为红色，入射激光辐射标为绿色。

高功率激光光纤连接器目前使用的方法，但是自从光纤激光器进入工业领域以来，圆锥体光纤连接器的使用更加广泛。

圆柱形连接器需要长距离的紧密安装。拔出来时，它会吸入大量空气，很容易导致灰尘和湿气污染。安装过程中，内部的任何一点灰尘都会产生磨损和更多的灰尘，因为附加的密封环也会积聚灰尘。该领域的经验表明，灰尘会进入光学元件。另外，在较长的管上进行紧密安装，很容易发生机械损伤和磨损。这迟早都会导致光学表面的损伤，从而需要更换窗口甚至光缆。

圆锥形连接器依赖于两个配对的圆锥形表面。通过紧密安装将它们组合在一起，也会产生一些问题。首先，连接器和插座需要高精度的制造工艺；而且，确定锥体的参考光轴也很困难。其次，由于两个配对锥体不可能零公差地完美匹配，连接器可能会开始移动和摆动。应对这种摆动的策略是利用强大的力将连接器和插座尽可能紧密地夹持在一起。即便如此，机器人或龙门机器的振动和加速也会导致接触磨损。

新方案结合了圆柱形连接器和圆锥形连接器的思想（见图2）。它使用甚至比QBH连接器上的圆锥体更短的圆柱形法兰。这种短的圆筒易于制造，并且可以为任何连接提供紧密和

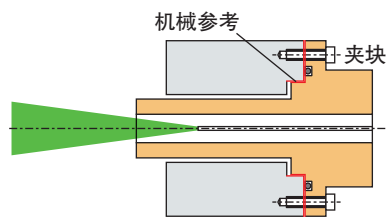


图2：法兰连接器结合了圆柱形和锥形连接器的优点。



图3：光纤连接器的硬件图像，包括圆柱形（左）、圆锥形（中）和带有法兰的小圆柱形新款连接器（右）。

安全的安装。连接时，利用四个螺钉简单地将凸形零部件拧到凹形零部件上。当拔出这种接头时，吸入的空气会最小化。

有了这个能够固定中心位置的法兰，这种连接提供了清晰的表面。该设计可以方便地根据特定机器要求定制——例如，可以添加电气连接（如FCMS），并且可以传输额外的电信号。为了使方案尽可能简单，电连接器保持在最低限度。

首次应用于超短激光脉冲

该连接器的设计由德国 Photonics Tools 公司开发，用于传输超短激光脉冲。这里的要求相当严苛：大多数系统都是单模激光器，因此光纤耦合器的安装精度要求在几微米之内。超

短脉冲的极高强度，对任何常规光纤都会造成灾难性的损伤。这个问题是通过使用特殊的空芯光纤来解决的，其中脉冲主要在空气中传输。这些系统已经在 2015 年就推向了市场。新型法兰连接器已通过测试，并成为光纤传输的首选解决方案（见图4）。

意大利 Comau 公司是一家工业自动化和机器人供应商，其在汽车市场（传统汽车和电动汽车）以及其他行业中都拥有重要地位。Comau 公司与 Trumpf 公司一起开发了第一批用于汽车制造的激光机器人——早在 20 世纪 80 年代，市场对这些机器人的需求量就很大，特别是当时的通用汽车公司。现在，Comau 公司生产出了一种先进的激光系统，其只用一台设备就可以支持三类主要的金属加工任务——焊接、钎焊和切割。

利用这种新型光纤连接器，意大利的几家公司合作开发了一套激光材料加工系统（见图5），参与开发的公司包括 Comau 公司、Convergent Photonics 公司和 OPI Photonics 公司。该系统包含一个 6kW 的二极管激光器和一个 4kW 的光纤激光器。二极管模块可用于泵浦光纤激光器，与使用两个独立系统相比，这种做法可以节省大量成本。用户只需简单地将光

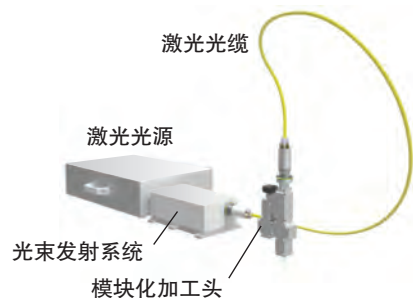


图4：新型法兰连接器与kagome型空芯光纤一起，是从光源到激光加工头灵活传输超短激光脉冲的首选解决方案。

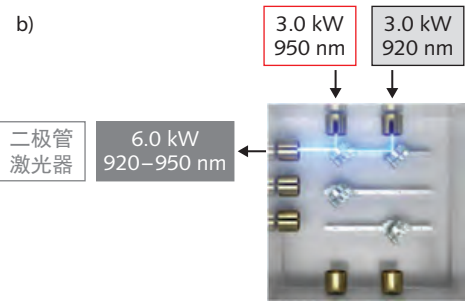
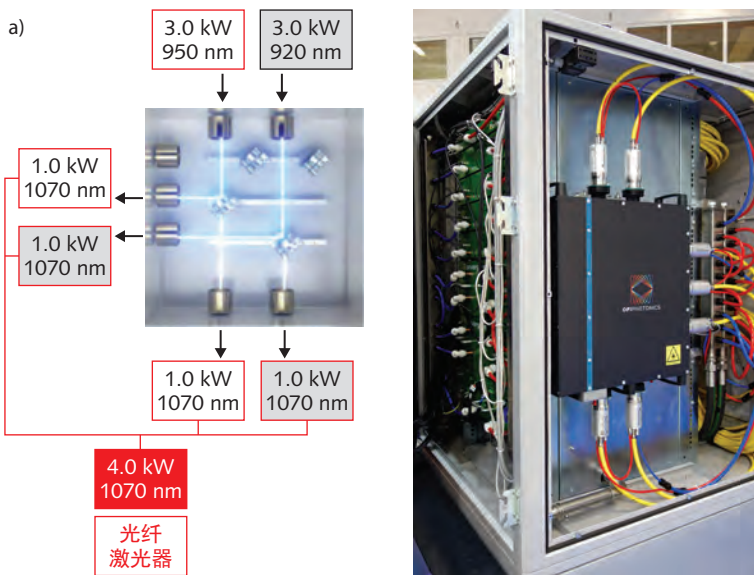


图5: 二极管和光纤激光器系统 (a) 的核心是一个配电盘, 其中二极管输出可以切换成用于泵浦光纤激光器或直接使用 (b)。

光纤插入适当的端口, 或者使用二极管激光器 (光束参数乘积 BPP 为 66) 进行焊接和钎焊, 或者使用精密聚焦的光纤激光器 (BPP 为 6) 进行

切割。

系统内部的光束切换是一项要求细致的工程: 移动多个分束镜和反射镜, 以向出口提供光纤激光器

或二极管激光器的输出。该系统需要一种简单而廉价的内部光束连接器解决方案, 为此, 选择了新型法兰光纤连接器。这种选择的主要出发点是简化连接, 降低成本。该激光系统已经过大规模测试, 并且已经销售给第一批客户。□

FISBA Innovators in Photonics

用于二极管激光器 精准确直和整形的 微光学器件

欢迎访问我们在美国西部
光电展 CIOE 的展台
(German Pavilion in Hall 01.01)。

www.fisba.com

Fast Axis Collimators

Fast Axis Collimators on bottom Tab

光纤光学

开启创新的光纤应用

文/ Sead Doric

小直径光纤正在实现先进的生物医学应用，包括光遗传学、双光子显微和玻璃体视网膜手术。但是，要有效地将光耦合到这些小直径光纤中，必须需要一种新型光源。通过有效的光学设计，激光二极管可以充当这一角色，不仅可以用在生物医学和生命科学领域，也可以在许多其他应用中作为新型光源。

传统的光纤照明

典型的光纤照明系统包括主始光源或二次光源、光纤插座、介于其间的光学系统、具有被动或主动冷却的机械外壳，以及一些电子器件。

光源的主要光学参数有发射器尺寸、角度强度分布和发射光谱分布。其他重要的参数还包括预热时间、直接调制的可能性、墙插效率、寿命和人眼安全性。

大型发射器需要大透镜以实现良好的准直，并且对于照明小区域（包括小直径光纤）效率低。可以说光源的进展与发射器区的尺寸缩小、以及角度强度分布的减小直接相关。历史上的光源产品，出现过蜡烛、爱迪生灯泡、钠灯、2~3cm 尺寸的灯泡（如氙灯）、1mm×1mm 尺寸内的 LED，以及 1μm×5μm 的激光二极管。尽管发射器尺寸是光源的关键参数，但是制造商通常不会标出发射器尺寸。

角度强度分布也称为远场发射模式、极辐射模式或远场强度分布。蜡烛和灯泡等老旧光源，具有全方向的角度强度光分布。LED 和激光二极管等较新的光源，具有更加受限制的远场发射模式。较小的角度强度分布发散，使得光学元件更容易捕获更多的光以进行准直或聚焦。对于一阶光学模拟，考虑角度强度分布的半高全宽（FWHM）发散就足够。激光二极管制造商广泛使用 FWHM 角发散。相比之下，具有更复杂形状的其他主始光源的角度强度分布，更难以表示，也更难以被充分利用。

白炽灯泡和其他灯提供宽带宽光谱，可以具有迥然不同的光谱分布或光谱功率分布。LED 在峰值发射波长附近具有约 50nm FWHM 的窄带宽，而激光二极管具有仅几纳米的非常窄的发射带宽。

插座的光学相关参数包括尺寸、接收角和反射率。插座可以由单根光纤、光纤束或液体光导组成。对于单模光纤，插座直径可以小到几微米；对于多模光纤，插座直径可以是几百微米；对于光纤束，插座直径可以是几毫米；对于液体光导，插座直径通常是 5mm。

除单模光纤外，接收角通常 $> 60^\circ$ 。除了以布儒斯特角入射的 p 偏振光完全透射之外，没有减反射膜层的插座表面的反射率，会随着入射角的增加而增加。

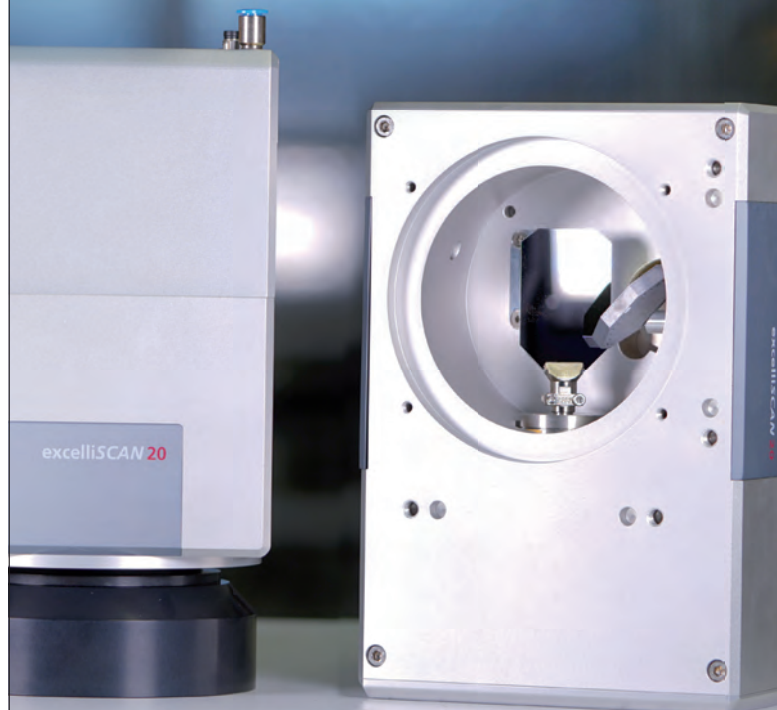
主始光源和二次光源

“光源”通常用于指复杂的照明系统和简单光源，例如灯泡、LED 或激光二极管。为了消除这种模糊性，我们引入了主始光源（来描述白炽灯泡、汞灯、卤素灯、高强度放电 [HID] 灯、荧光灯、单色 LED、激光二极管，或者气体激光器等光源）和二次光源的概念，二次光源以各种方式转换来自主始光源的光，最明显的是转换波长范围（如同晶体和光纤激光器一样）。

白光 LED 很好地说明了这个概念，其中的主始光源是辐照荧光粉涂层的蓝光 LED。该涂层将大部分接收的光转换为其荧光光谱，并与其中剩余的未转换的蓝光构成所谓的白光。因为它的光是通过蓝光与荧光粉的相互作用产生的，所以白光 LED 被认为是二次光源。

NEW

More Productivity for Micro Machining and 3D Printing



excelliSCAN 20: Scan System for Exceptionally Demanding Applications

- Best contour accuracy at highest dynamics
- SCANahead control shortens processing times
- Enhanced thermal management for higher load resilience

www.scanlab.de



光纤光学系统中的平衡

拉格朗日不变量表明发射器尺寸与其角强度发散的乘积（光学扩展量），从光学系统的发光表面到成像表面保持恒定。如果光源的光学扩展量大于接收体的光学扩展量，则一部分发射光不可避免地会丢失。通过光学系统的放大来减小发射器尺寸，能增加角度扩展，反之亦然。不幸的是，传统光源的发射器尺寸和光学扩展量，远大于数值孔径有限的小直径光纤（见图 1）。

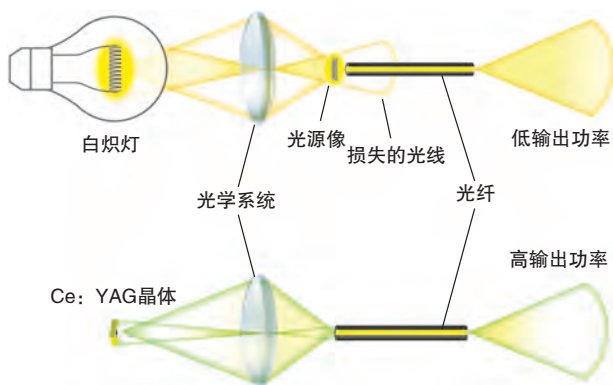


图1：将光源耦合进光纤的效率可以较低，如同白炽灯一样，也可以较高，如同Ce: YAG晶体上的光斑一样。

使用传统灯泡的光纤照明系统效率低且体积大，具有复杂的光学元件和滤光片，并且仅适用于较大直径的光纤或液体光导。将光更有效地耦合到小直径光纤中，需要具有更小的光学扩展量、或者至少是具有更小发射器尺寸的新型主光源或二次光源。

在具有较大直径光纤的照明系统中使用特定颜色的LED，代表了相对于传统光源的改进，因为它们具有相对更小的发射器，并且易于调制等。然而，这些LED不是很亮，并且它们耦合进小直径光纤的效率较低。此外，它们只能提供有限的波长选择。

具有荧光覆盖层的氮化镓LED提供光谱更宽的“白”光照明。然而，由于与LED相同的颜色原因，它们也不适合耦合到小直径光纤中。

激光二极管具有相对小的光学扩展量和小尺寸发射器（厚度 $\sim 1\mu\text{m}$ ；长度从几微米到几百微米），波片“快轴”方向上的光束发散高达 70° ，但“慢轴”方向上的光束发射只有十几度。它们可以支持比蓝光LED高100-1000倍的光功率。有几种实用的解决方案可以将激光二极管、激光二极管巴条，以及激光二极管巴条阵列耦合到小直径光纤中，产生明亮的相干光源。当然

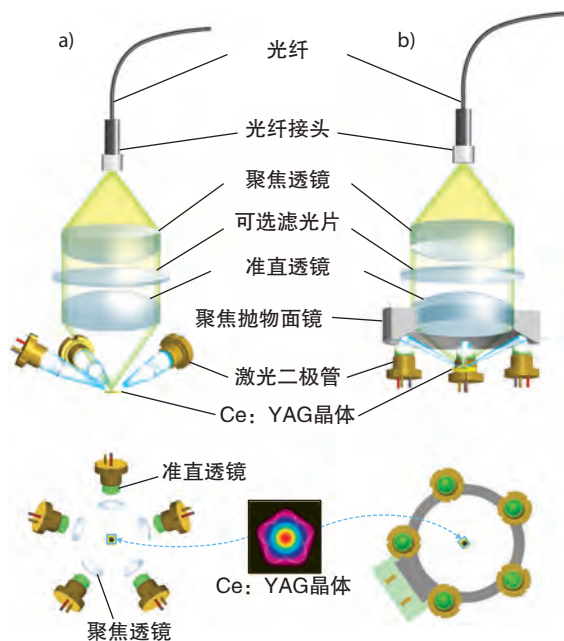


图2: 通过多个激光二极管以布儒斯特角泵浦Ce: YAG晶体, 并通过光纤捕获其荧光, 来产生真正有效的系统; 该光源的第一个版本为每个激光二极管和Ce: YAG晶体使用单独的热沉 (a), 第二个版本使用共同的热沉 (b)。

也有不足之处, 包括散斑、窄光谱带宽和有限的波长选择。

二次光源的效率

真正高效的光纤照明系统需要具有小光学扩展量 (或至少小面积发射器)、高亮度和宽光谱的二次光源。这种类型的光源可以用具有相对小的光学扩展量和高亮度的蓝光激光二极管构建。激光二极管的输出经过准直, 在不同的人射角下, 聚焦为小点投射到荧光晶体上, 荧光晶体将其转换成宽光谱带宽荧光。这种方法的一项众所周知的应用是宝马 i8 的大灯设计, 其中一部分蓝光转变成荧光, 并与剩余的蓝光混合以合成白光。

在 Doric Lenses 公司的方法中, 来自几个蓝光激光二极管的 p 偏振光, 以布儒斯特角投射到掺铈的钇铝石榴石 (Ce: YAG) 晶体上, 没有反射损耗 (美国专利 9,933,605 B2), 其

中激光束与晶体上明确定义的小区域交叠。该光源的第一个版本使用了五个激光二极管, 准直和聚焦光学元件沿布儒斯特角方向定位 (见图 2a)。

为了紧凑性、更容易的组装和热管理, 该光源的后续版本中, 将包含的几个几个二极管径向定位在同一平面内。它们的输出彼此平行准直, 并通过抛物面镜引导到荧光晶体上, 形成直径 300 μm 的光点 (见图 2b)。

在该配置 (美国专利号 10,094,536 B1) 中, 荧光晶体和激光二极管具有共同的热沉。晶体上 300 μm 直径的光斑, 成

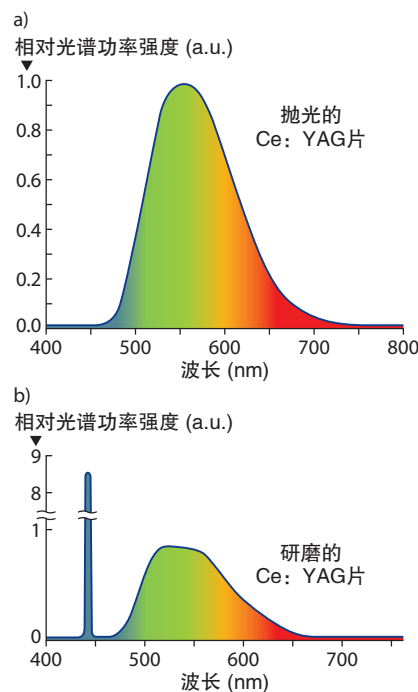


图3: 用蓝光激光二极管照射的Ce: YAG晶体的发射光谱, 根据顶面是抛光 (a) 还是研磨 (b) 而不同。

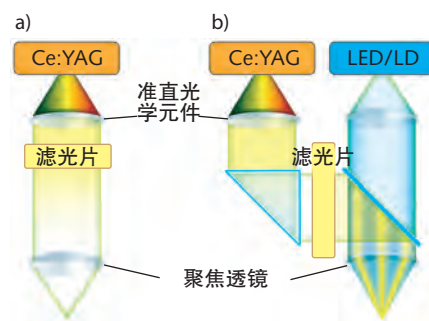


图4: 具有光谱滤光片的带接头的光源示意图: (a) 只有荧光; (b) 荧光与蓝光LED或激光二极管相结合。

为具有宽光谱的二次光源, 非常适合耦合进直径 200 μm 的光纤中, 事实上这已经是用于光遗传学和微型荧光显微的标准光传输光纤。当晶体的顶面很好地抛光后, 它仅发射荧光 (480~650nm), 而适度研磨的表面提供荧光和散射蓝光的混合, 被感知为白光 (见图 3)。如果提供足够的冷却, 可以使用其他的晶体和光斑尺寸。表 1 中显示了该光源的输出功率、辐照度和光通量规格。

Ce: YAG 光源能够以“光纤耦合模块、准直模块、带接头的 Ce: YAG 光源, 以及与结合蓝光 LED 或激光二极管的带接头的 Ce: YAG 光源”这四种形式提供。最后两种光源带有可互换的滤光片组和驱动器 (见图 4)。

应用

最初开发 Ce: YAG 光源是应用在光遗传学实验中, 目的是通过 200 μm 光纤, 将琥珀色光传递到 halorhodopsin 标记的神经元中。它还可以提供 480~650nm 光谱波段中的任何部分, 视觉激活或荧光激发可能会需要这个波段的光, 如微型光遗传同步和双色荧光显微系统。不同于某些固态激光器, Ce: YAG 光源可以进行电子调制。

表1: 光源的输出功率、辐照度和光通量规格

Ce: YAG的300 μm直径光点	输出												
	光谱范围 (nm)	100 μm, NA 0.22			200 μm, NA 0.53			400 μm, NA 0.53			960 μm, NA 0.63		
		光通量 (流明)	输出功率 (mW)	辐照度 (mW/mm ²)	光通量 (流明)	输出功率 (mW)	辐照度 (mW/mm ²)	光通量 (流明)	输出功率 (mW)	辐照度 (mW/mm ²)	光通量 (流明)	输出功率 (mW)	辐照度 (mW/mm ²)
	480—680*	4.1	8.6	1095	45	94	2992	110	230	1830	168	350	484
	510—540	1	2.1	267	10	21	668	26	55	438	45	94	130
	542—576	1.3	2.7	344	14	29	923	35	72	573	52	108	149
	545—619	2.3	4.7	596	24	51	1633	60	125	996	87	181	250
573—613	1.2	2.5	318	13	28	891	32	67	533	45	93	128	
577—647	1.4	3.0	382	16	33	1050	38	79	629	54	112	155	

*全光谱

对于玻璃体视网膜手术中的内照明, Ce: YAG 光源可以提供宽带可见光, 并且没有对视网膜有潜在危害的蓝光波长。如果需要一些蓝光来改善眼睛内部的对比度和可见度, 可以添加单独可控的 LED 或 LD 通道。

另一个好处是较小的 27 Ga 针头,

配有直径 200 μ m 的光纤, 可以插入眼睛并从眼睛中取出, 损伤眼睛的可能性非常小。虽然将传统灯泡发射的光耦合进芯径 200 μ m 的光纤中颇具挑战性, 但是将 Ce: YAG 光源耦合进 200 μ m 光纤中却非常直接。

对于牙科前照灯、手术室照明器

以及需要低发散光束的其他医疗和非医疗应用而言, 白光照明对系统设计师和用户都很有吸引力。在现代内窥镜检查中, 通过小直径光纤传递照明颇受欢迎, 因为这将产生更亮的图像, 并且与更大直径的光纤相比, 还能与其他手术器械留下更多空间。□

抢占 5G 落地风口, 三菱电机领跑光器件变革

2021-2023 年将是 5G 建设的高峰期, 每年新建的宏基站超过 100 万, 顶峰时期每年仅前传光模块需求超过 740 万只, 市场空间巨大。

在此背景下, 三菱电机半导体携 19 款光器件隆重参加 2019 中国国际光电博览会, 着重展示以下 5 款新产品: 新一代低成本 2.5G DFB TOCAN (用于 10G EPON、XGPON/ONU); 工业级 25G DFB TOCAN (SFP+, 用于 5G 前传); 25G LAN-WDM EML TOCAN (SFP+, 用于 5G 40 公里无线网络); 50G PAM4 EML-TOSA (用于 5G 无线网络); 200G PAM4 集成 EML TOSA (QSFP28 PAM4 LR, 用于数据中心)。

新一代低成本 2.5G DFB TOCAN ML720Y68S 主要应用于 1.25Gbps for 10G EPON 非对称 ONU 和

2.48832Gbps for XG-PON ONU 场合, 其使用球透镜降低成本; 工业温度范围 -40~+85 $^{\circ}$ C; 采用标准 TO-56 封装, 波长为 1270nm。

工业级 25G DFB TOCAN ML764K56T/ML764AA58T, 可应用于 300m~10km 的 5G 前传, 其工业温度范围可用于户外; 25.8Gbps NRZ 调制; 采用 TO-56 4 管脚封装, 与低速率 TOCAN 封装形式相同, 便于大规模生产。

25G LAN-WDM EML TOCAN ML760B54-92x 应用于 40 公里以内的 5G 无线网络, 温度范围达 -40~+95 $^{\circ}$ C; 可用 25.8Gbps NRZ 调制; 其出光功率和消光比分别为 0~+5dBm、>+5dB; TEC 功耗 0.5W (标准值), 工作温度为 -40~+95 $^{\circ}$ C。

50G PAM4 EML-TOSA FU-411REA-1M1 (10km)/FU-411REA-

3M1 (40km), 其适用于 NRZ 调制的非常成熟的 25G EML TOSA 产品, 可在 26.5625 G 波特率、PAM-4 调制下驱动, 其工作温度为 -5~+80 $^{\circ}$ C。

200G PAM4 集成 EML TOSA FU-402REA-3M5, 采用 PAM4 技术, 是适用于数据中心的高速光通讯器件。该产品拥有 26G 波特率, 可用于 PAM4 调制; 同时融合 LAN WDM 技术, 四通道集成器件, 其工作温度范围 -5~+80 $^{\circ}$ C; 封装尺寸为 W6.7mm $\times$ L15mm $\times$ H5.8mm。

据悉, 研发超过 100G 的产品不但要攻克器件本身的难点, 因为要实现网络的集成或者搭建, 激光器需要 IC 驱动。三菱电机目前还是处于预研阶段, 三菱电机正在积极和 IC 厂家或者其他供应商沟通, 积极努力推动 400G 产品的研发和市场。□

增材制造

激光增材制造，走向更广泛的应用领域

文/LFWC

激光增材制造 (Laser Additive Manufacturing, LAM) 技术是一种以激光为能量源的增材制造技术，凭借着激光提供的高能量密度，可实现难加工的金属零部件制造，比如航空航天领域采用的钛合金、高温合金等，同时激光增材制造技术还具有不受零件结构限制的优点，可用于结构复杂、难加工以及薄壁零件的加工制造。

激光增材制造技术集成了数字化技术、制造技术、激光技术以及新材料技术等多个学科技术，可以直接将 CAD 数字模型快速而精密地制造成三维零件。与传统的制造技术相比，激光增材制造技术具有高柔性、无需模具、不受零件结构限制等优点，许多国家都在对其展开大量的深入研究，希望这一技术能够为工业制造开辟出更多创新。

制造涡轮部件

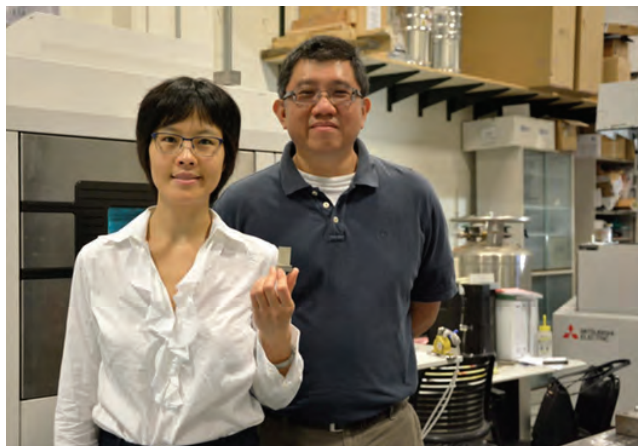


图1：匹兹堡大学斯旺森工程学院的研究人员，在实验室中手拿一个3D打印的涡轮组件，他们对该组件走向实用充满信心。

最近，美国能源部通过其“大学涡轮系统研究计划”，向匹兹堡大学斯旺森工程学院的研究人员提供了 80 万美元的资助，目的是为燃气涡轮部件的增材制造找到一种有效的质量保证方法。

该项目为期三年，研究团队将利用机器学习，为快速评估（无论是在线状态还是离线状态）开发一种具有成本效益的方法；热气道涡轮部件（HGPTC）利用激光粉末床熔化（LPBF）技术制造，这种激光增材制造技术能以更快的速度和更低的成本，生产复杂的金属部件。

研究人员表示，利用 LPBF 技术制造涡轮部件时，由于部件中可能会存在多孔缺陷，并容易产生不利的热机械疲劳，因此这种涡轮部件在使用前，必须要有可靠的质量保证方法。研究人员正在开发的质量保证框架，将极大地降低测试和质量控制的成本，并且对 LPBF 工艺制造的 HGPTC 具有充足的信心。

优化发动机气缸的设计

美国 Cobra 航空公司成立于 2012 年，专门生产和组装精密发动机和发动机部件。最近，该公司为了改善其无人驾驶飞行器（UAV）的发动机气缸的设计，与金属 3D 打印领域的知名厂商雷尼绍公司展开合作，以获得后者在增材制造（AM）方面的专业知识。

利用激光增材制造技术，Cobra 航空公司设计出了一种格子结构，来增加发动机气缸的气流，而且还能生产出更坚固、更轻量的零件。

雷尼绍 AM 业务发展经理 Stephen Anderson 说：“通



图2：3D打印的金属无人机发动机气缸，经过重新设计后，可增加气流。

通过使用金属增材制造, Cobra 航空公司可以设计出非常适合应用的部件。通过使用激光粉末床融合技术, 我们可以生产出具有复杂格子结构的单个部件, 这种结构比传统的部件结构更好。”

“我们决定重新设计气缸, 是因为它在发动机中的重要性, 发动机这部分的设计变更必须迅速开展, 而且它也是一个高价值的部分, 这就是为什么我们选择 3D 打印这个部件的原因。提高气缸的性能也将改善发动机的整体性能。” Cobra Aero 总裁 Sean Hilbert 表示, “保持走在制造业的最前沿, 对 Cobra 航空公司来说非常重要。投资增材制造设备, 使我们能够为高附加值、小批量应用开发工具和新产品, 加快制造流程, 并且能够实现用传统减材加工无法实现的设计。”

制造更大的不锈钢部件

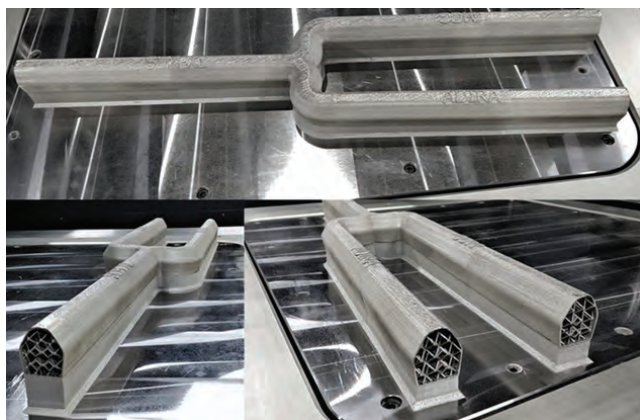


图3: 使用TLM技术生产的尺寸超过1米的大型316L不锈钢零件。

由设备制造商 Adira 公司领导的一个名为“SLM-XL 3D”的项目, 正在探索利用 LPBF 技术制造大型金属增材制造的零件。目前, 该项目克服了在零件尺寸方面的限制, 生产出了尺寸超过 1 米的大型 316L 不锈钢零件。

到目前为止, LPBF 技术仅限于生产尺寸相对较小的零件。在保持机械和其他性能的同时, 增加零件的尺寸比较困难, 这阻碍了 LPBF 技术在大型零件生产中的应用。SLM-XL 项目希望解决这一挑战。

该项目涉及使用 Adira 开发的大型 LPBF 原型机生产 316L 不锈钢结构, 预计该项目的成果将包括用不锈钢 316L 制造大型金属零件的参数选择方法, 以及助力最终样机的开发。目前, 研究的重点是扩大的包层对 316L 不锈钢样品的气孔率和力学性能的影响。

对于高功率 LPBF 系统, 随着建造速率的增加, 对工艺参数和机械性能之间的相关性, 存在着理解方面的不足。由于激光功率的增加 (高达 1kW), 凝固条件发生了变化, 从枝晶和晶粒的大小来看, 严重影响了组件的微观结构。

因此, SLM-XL 项目的重点是对工艺参数 (如激光功率、扫描速度、层取向、孵化距离、矢量长度) 的研究和关联, 并关注密度、微观结构 (扫描电子显微镜) 和随之导致的机械属性 (硬度、拉伸和压缩试验)。

向直接制造功能零件发展

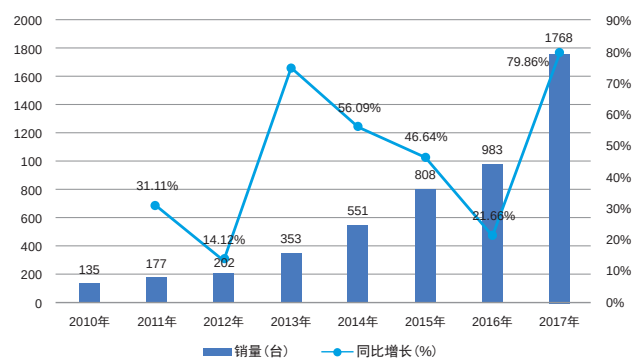


图4: 2010-2017年金属3D打印设备销量情况 (单位: 台, %)。(来源: 前瞻产业研究院)

德勤发布的《2019 科技、传媒和电信行业预测》报告显示, 全球 3D 打印市场正从塑料打印转向金属打印。塑料适合用于制作原型和某些最终零件, 但 3D 打印机应以价值万亿美元金属零件制造市场为目标。

调查显示, 2017-2018 年间, 塑料打印在 3D 打印领域的占比, 一年间从 88% 下滑至 65%, 而金属打印的占比从 28% 增至 35%。照此速度, 金属打印将在 2020 或 2021 年占据 3D 打印市场的半壁江山。

根据 Wohlers Associates 统计显示, 2017 年全球工业级增材制造设备 (指面向工业且销售售价在 5000 美元或更高的机器) 销售量达到 14736 台, 同比增长 12.6%, 近五年复合增长率达到 13.6%。得益于金属增材制造技术的成熟和低价金属增材制造装备的普及, 金属增材制造装备销量大幅提升。2017 年, 全球金属增材制造装备销售量约 1768 台, 同比增长近 80%。

工业级的金属 3D 打印设备, 才是增材制造未来发展中最有价值的部分。□

光纤传感 智能光纤传感系统协同 物理边界墙增强边境保护

分布式光纤传感架构通过提供准确、经济、实时的边境入侵监控，形成对物理边界的一种有力补充。

文/John J. Williams; OptaSense, Wieland Hill, Gareth Lees; NKT Photonics

基于标准电信级光纤中的弹性或非弹性光散射效应的光纤传感系统，是用于分析沿光缆的物理量的空间分辨轮廓的强大工具。它们在多种应用中的成功，来自于使用单个查询仪对数千个位置进行经济测量，距离范围大，应用中无需电源，并且抗电磁干扰。

在过去的 30 年中，已经开发了許多技术使用光纤进行物理量的分布式或多点测量。使用特殊制备光纤的技术，如基于光纤布拉格光栅（FBG）的系统，在单点或多点监控设备方面具有相关性。然而，在实际应用中，使用没有这些反射结构的标准光纤的分布式技术，显然主导了对大型基础设施资产的监控，因为它们能够监控数千个位置，易于集成，操作可靠，并且具有标准传感器电缆的低价格。

光散射机制

光纤表现出三种散射过程：布里

渊散射、拉曼散射和瑞利散射，它们在测量温度、应变或振动（动态应变或声音）等物理量方面非常有用，并具有高空间分辨率（见表 1）。

布里渊和拉曼散射是非弹性散射过程，涉及传送到或来自热振动（光学和声学声子，分子振动）的能量传递。瑞利散射是由折射率的静态不均匀性引起的弹性散射。每种散射过程都显示出自己的特征光谱，它与待分析的物理量具有特定的依赖性（见图 1）。

拉曼散射广泛用于分布式温度传感（DTS）。也就是说，DTS 使用简单的光学滤波方案来测量反斯托克斯和斯托克斯分量的幅度，然后根据它们的比率计算温度分布。

布里渊散射需要稍微复杂的检测方案，因为其相对于激光线的频移相当小。分析的布里渊频率取决于温度和应变，这通常导致需要将两个参数

分开。这种分离可以通过使用松套管光纤和紧缓冲光纤的组合来完成，其中松套管光纤仅经受温度效应，或者

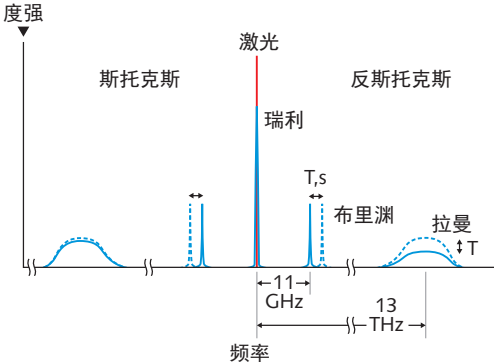


图1：光纤内散射光的光谱分量。

通过测量布里渊信号的幅度，作为能够分离的第二次测量。

分布式声学传感（DAS）通常基于相干瑞利散射。来自光纤内多个散射中心的瑞利散射光的干涉产生斑点状图样，它们取决于叠加光波之间的相位差。该图样对光纤内的长度变化极其敏感，因为几十纳米的差异就会导致典型波长约 1.5 μm 光的相位发生相当大的变化。

测量瑞利信号的幅度足以灵敏地探测具有宽声学谱的事件，如行走、驾驶、射击、记忆挖掘或隧道工程，但是需要相位测量来确定来自电机、泵或孔口声音的窄带信号的频率。然而，由于幅度信号的强非线性行为，总是需要相位信息来对信号进行精确定量分析。

特定应用的传感

基于拉曼的 DTS 的主要应用领域包括隧道和建筑物中的火灾探测、

表1: 光学测量和光纤中散射过程的物理参数

散射过程	光学测量	物理参数
拉曼散射	幅度(反斯托克斯, 斯托克斯)	温度
布里渊散射	频率, 幅度	温度, 应变
瑞利散射	幅度, 相位	动态应变和温度

电力电缆监测、管道监测、油气井（或井内）监测以及地热/环境应用。事实上，DTS 已经成为世界上大多数地区铁路和公路隧道火灾探测的标准方法，因为它具有可靠、经济和快速的报警功能，并且使用单个查询器（通常用两个查询器实现冗余）在长达 10 公里的隧道中具有精确的火灾定位功能。通过 DTS 实现的电缆监控也正在成为一种标准方法，因为随着向可再生能源过渡，电网必须传输更高和更强的波动负载，而不会因为过热而导致电缆损坏。

除了一些要求更高的 DTS 应用之外，布里渊散射还广泛应用于分布式应变传感（DSS），主要与地面运动及其对物理基础设施（如管道、电缆、水坝、铁轨、桥梁、隧道和建筑物）

的影响有关，这类应用通常被称为“结构健康监测”应用。

与 DTS 和 DSS 相比，基于瑞利散射的现代 DAS 查询器显示出了极高的灵敏度（见图 2）。将 15 米长的光纤段周期性拉伸 $10\text{ n}\epsilon$ （总共 150 nm ）

会产生巨大的信号，即使在 70 公里远的距离也是如此。对于这种非常微弱和远程的事件，观察到的空间分辨率为 15 米；在较短距离内，甚至可以实现亚纳米或几纳米的分辨率。

当然，灵敏度不是 DAS 的唯一重要特征。由于存在许多感兴趣的声学信号，因此需要合适的算法来可靠

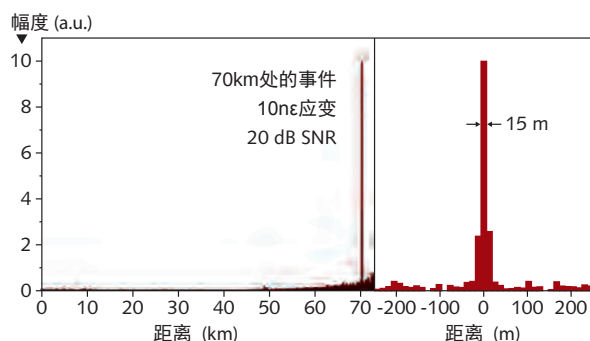


图2：分布式声学传感（DAS）足够灵敏，即使在距离为70km的情况下也可以通过周期性地拉伸15m光纤拉伸仅150nm来产生强信号。

地识别事件（见图 3）。算法可以基于事件的频谱、时间和/或空间特征。最近，机器学习技术被应用于 DAS 数据以减少错误警报。

适当的光纤安装是另一个重要主题。为了探测围栏攀爬或切割，必须将光纤安装在围栏上。然后，显然需要专用算法来避免来自风或交通等周

光学引领未来



新品

激光光学元件产品目录！

激光光学元件产品目录 - 2019全新激光光学产品目录是一份激光光学解决方案的资源手册，共164页。其中专业教程篇幅多达50多页，此外各种精密光学元件产品介绍附带计算公式和技术术语也涵盖其中。这些宝贵的资源均旨在助您全方位了解激光光学元件的各种复杂性。

立即索取！



爱特蒙特光学(深圳)有限公司

中国深圳市龙华工业东路

利金城科技工业园3栋5楼，518109

Tel: +86 (0755) 2967 5435 Email: chinasales@edmundoptics.cn

EO Edmund
optics | china

欲了解更多信息，请点击此处：

www.edmundoptics.cn/099-8613

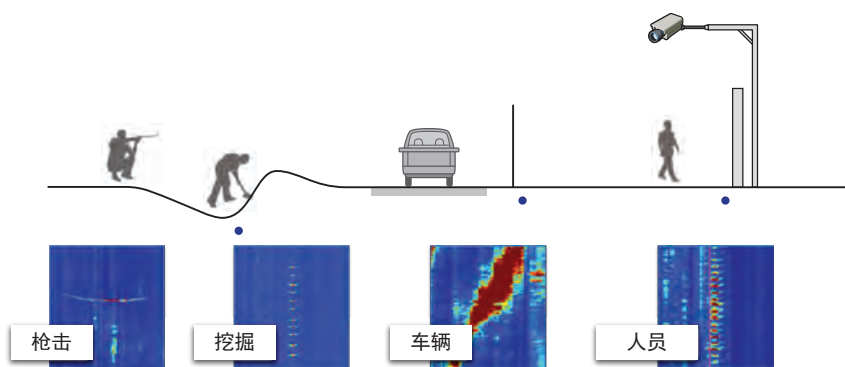


图3: 光纤传感系统的典型布局, 以及通过各种观察信号实现的检测可能性, 这些信号可以与软件中的自动报警相结合。

边环境声音的误报警。如果想要探测到靠近围墙、或甚至没有物理屏障的资产的脚步声或车辆活动, 埋下光缆是最好的选择。这样, 空气传播的声音大大减少, 而结构声音则有效地传输到光纤。

通常的做法是将传感光缆安装在栅栏上和地下, 以提高探测威胁的可能性, 同时最大限度地降低误报率 (见图4)。可以探测到的一种威胁可被归类为接近围栏, 随后在附近位置在围栏上进行一些干扰损坏。

边界安全背景下的DAS

DAS 能够以持续和连续的方式探测边界入侵, 提供长距离边界活动

的低成本早期预警, 并可与其他安全层集成, 如摄像头或无人驾驶的飞行器 (UAV)。

对于边界安全背景下的 DAS, 基本上有两个主要的操作概念 (CONOPS)。首先, 在美国和墨西哥的“城市到城市”边境环境中, 例如圣地亚哥和蒂华纳, 快速探测和整合边境巡逻的其他安全层, 对于实现迅速和适当的响应非常重要。这也是沿着几条东欧边界的关键要塞点所采用的方案, 其中干预是目标, 响应时间可以用几分钟或几小时来衡量。

在城市到城市的地区, DAS 还可以提供地下活动探测, 有时存在于隧道用于人员或违禁品贩运的高风险区域。



图4: 光纤传感系统很小, 可以沿着现有的周边基础设施进行离散掩埋或放置。

具有 DAS 的第二个主要 CONOPS 用于远程边界区域, 其中响应和干预时间以小时甚至数天来度量。在这种情况下, DAS 仍然提供实时探测, 但并非每次探测都必须立即生成边界管理响应。通过提供持久连续的覆盖, 并且至关重要是存档边界管理中的所有探测活动, 可以获得对长时间边界活动模式的深入理解 (见图5)。

从本质上讲, DAS 系统可以根据人类活动提供边界热图, 以及何处可能存在需要进一步关注的活动积累。例如, 如果在一周或一个月的时间内, 沿边界的特定远程位置存在活动增加的趋势, 则可以通过在那个特定位置应用额外技术或人员, 来保证边境管理的响应。

物理屏障的确能够在一定程度上防止边境入侵, 当然它也可能会减缓边境通行; 但是, 物理屏障本身并不会阻止确定的行动者, 也将不会帮助边境管理部门了解沿边境正在发生的事情。因此, 将物理屏障与探测技术相结合, 对于成功地保障边境安全至关重要。光纤传感是一种经济有效的长距离探测方法, 可以在长时间内提供生命数据的实时信息和存档模式, 有助于边境安全管理并对物理屏障形成一种非常有力地补充。□

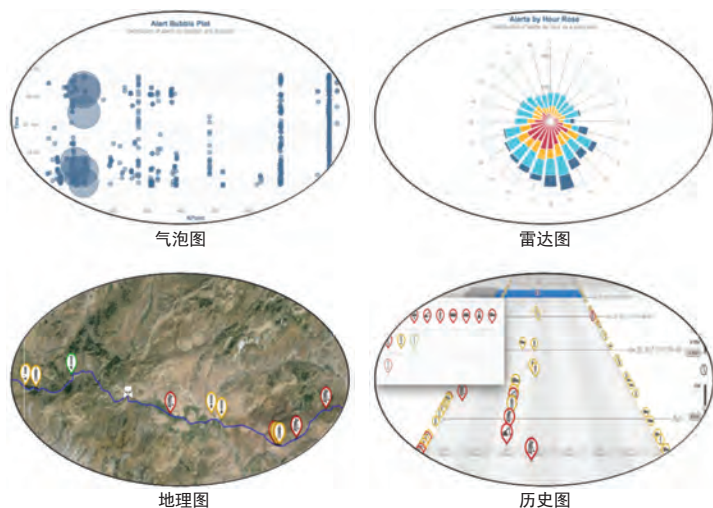


图5: 分布式传感系统的控制软件, 可以通过各种形式输出数据。

精确度
吞吐量

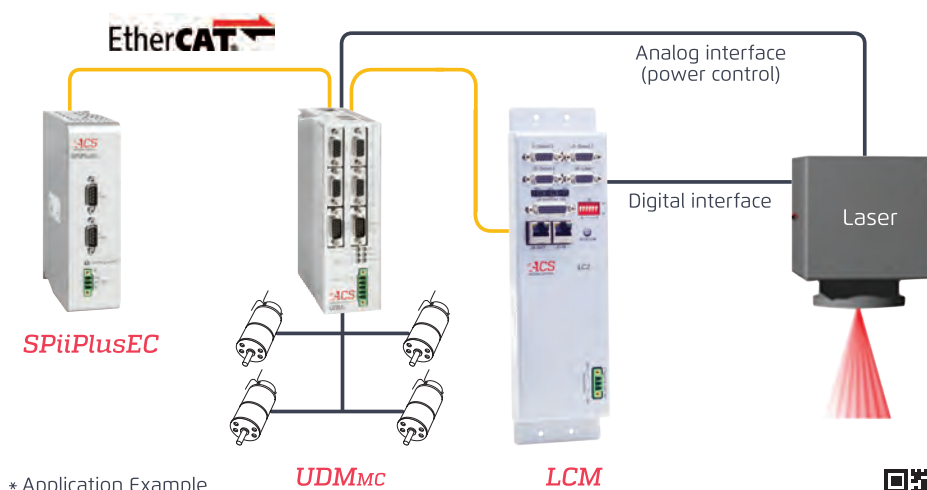
智能运动
专注于激光微加工

*Accuracy.
Throughput.*

*Smarter Motion
For Laser Micromachining*

ACS 运动控制

激光微加工运动控制系统解决方案 专家



Web



Laser Processing



增益介质

MIPT 称 Weyl 半金属是完美的激光增益介质

文/ Gail Overton

Weyl 半金属是最近发现的一类材料，其中载流子的行为与电子和正电子在粒子加速器中的作用方式相同。来自俄罗斯莫斯科物理技术学院（Moscow Institute of Physics and Technology, MIPT）和圣彼得堡 Ioffe Institute 的研究人员表示，这些材料代表了激光器的完美增益介质。研究结果发表在 Physical Review B 上。

21 世纪物理学的标志是从基本粒子世界中搜索现象。在一些晶体中，电子像加速器中的高能粒子一样移动。在其他情况中，粒子甚至具有与黑洞物质有些相似的特性。MIPT 的物理学家已经从内到外进行了这种搜索，证明了基本粒子的禁阻反应在称为 Weyl 半金属的晶态材料中也是禁止的。具体而言，这适用于没有光发射的粒子 - 反粒子相互湮灭的禁阻反应。这个特性表明 Weyl 半金属可能是激光器的理想增益介质。

在半导体激光器中，辐射是由电子和称为空穴的正电荷载流子的相互湮灭产生的。然而，光发射只是电子 - 空穴对碰撞的一种可能结果。或者，能量可以建立附近原子

的振荡或加热相邻电子。后一个过程被称为俄歇重组，以纪念法国物理学家皮埃尔·俄歇（Pierre Auger）。俄歇重组限制了当代激光器在可见光和红外区域的效率，并严重损害太赫兹激光器。它会吞噬可能产生辐射的电子 - 空穴对。此外，这个过程会使设备发热。

将近一个世纪以来，研究人员一直在寻求一种“奇迹材料”，其中辐射复合超过俄歇复合占主导地位。这一搜寻是由 Paul Dirac 在 1928 年提出的一个想法引导的。他发展了一种理论，电子有带正电的孪生粒子，即正电子。四年后，这个预测得到实验证明。在 Dirac 的计算中，电子和正电子的相互湮灭总是产生光，并且不能将能量传递给其他电子。这就是为什么寻找用于激光器的奇迹材料，在很大程度上被视为寻找半导体中狄拉克电子和正电子的类似物。

“在 20 世纪 70 年代，希望主要与铅盐相关，而在 2000 年代，希望则与石墨烯相关。” MIPT 光电子二维材料实验室负责人 Dmitry Svintsov 说，“但这些材料中颗粒的表现与狄拉克概念存在偏差。石墨烯的情况证明是非常病态的，因为将电子和空穴限制在二维，实际上会引起俄歇复合。在二维世界中，颗粒几乎没有空间来避免碰撞。我们最新的论文表明，Weyl 半金属是我们最接近实现与狄拉克电子和正电子的类比。” Svintsov 补充说，他是该研究报告的首席研究员。

该团队测得 Weyl 半金属中电子 - 空穴对的寿命约为 10ns。根据日常标准，这个时间跨度看起来非常小，但对于激光物理学来说，它是巨大的。在远红外波段激光技术中使用的常规材料中，电子和空穴的寿命比它小数千倍。延长新材料中非平衡电子和空穴的寿命，为在新型长波激光器中使用它们提供了前景。□

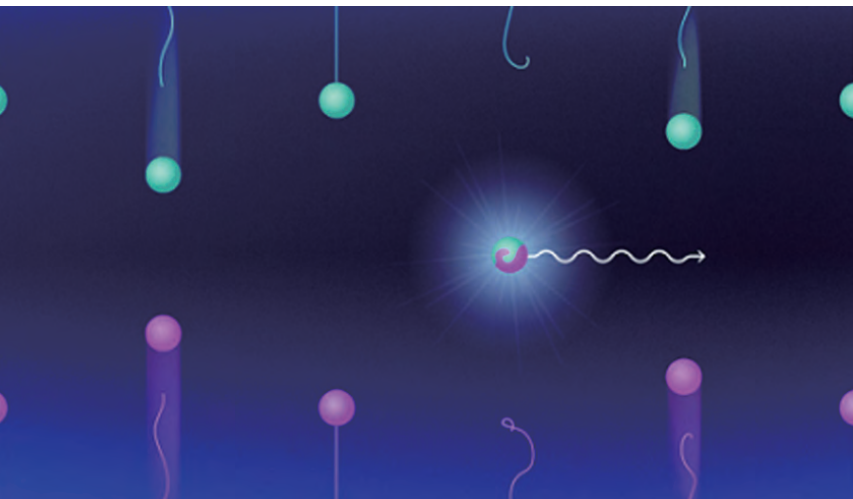


图1：由电子和空穴相互湮灭产生的光发射，是半导体激光器的工作原理。

红外探测器

非冷却短波和中波红外纳米线光电二极管

文/John Wallace

包括焦平面阵列 (FPA) 在内的短波红外和中波红外 (SWIR 和 MWIR) 传感器, 可以实现许多基本的红外传感和成像应用, 从军事领域 (根据导弹产生的热量对其进行定位)、科学领域 (遥感、光谱学) 到环境领域 (气体监测、穿透雾霾)。然而, 目前使用的 SWIR 和 MWIR 传感器都存在一个重大的缺陷——它们需要冷却。这些传感器包括基于碲化铟 (InSb)、碲化镉汞 (MCT) 的传感器, 以及基于碲化铟 / 碲化镓 (InAs/GaSb) II 型超晶格 FPA 的传感器。对于冷却系统的需求会增加体积, 特别是对非常小的光探测系统而言, 同时也会增加成本及维护需求。

美国加州大学洛杉矶分校 (UCLA) 和英国卡迪夫大学的研究人员, 采用一种新方法解决了这个问题。^[1-3] 研究人员创建的室温非冷却 SWIR 和 MWIR 探测器, 由垂直生长于磷化铟 (InP) 衬底上的 InAs 或 InAsSb 纳米线阵列组成, 纳米线与衬底的结合产生 InAs-InP 异质结。然后可以用氧化铝 (Al_2O_3) 层钝化该结构, 从而降低纳米线表面的非辐射复合。

计算机模拟结果表明, 与平面非冷却 InAs 光电二极管相比, 非冷却 InAs(Sb)-InP 纳米线异质结光电二极管的等离子体模式共振峰值 D^* 在 $3.0\mu\text{m}$ 波长处可达 $3.5 \times 10^{10} \text{ cm Hz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$ ——该值比平面光电二极管高了一个数量

级。

研究人员基于之前开发的标准工艺制备了纳米线光电探测器, 在针对适当波长范围的光电探测进行优化的图案上生长纳米线, 然后采用 Al_2O_3 进行钝化。接着, 去除纳米线尖端的钝化膜层。采用纳米线本身作为阴影掩膜, 将金沉积在承载的纳米线表面, 在金中产生一系列纳米孔, 形成等离子体光栅 (见图)。这种光栅非常重要: 它的作用是通过等离子体共振, 增强入射光与纳米线尖端的耦合。

在一个示例中, SWIR 器件的制造有效面积为 $200 \times 200\mu\text{m}^2$ 。探测器表面包含间距 1300nm 、直径 264nm 、高度 1650nm 的纳米线。该器件的室温光谱响应包括在 $2.0\mu\text{m}$ 和 $3.4\mu\text{m}$ 附近的峰, 对应于等离子体共振。

下一步计划

研究人员表示, 未来基于纳米线的红外探测器计划包含光子晶体光栅。这将提供一种更好的方法来调整器件的峰值波长。目前的自组装等离子体结构通过改变纳米线间距 (纳米线到纳米线的距离), 来调谐等离子体峰值波长。然而, 控制不同纳米线间距阵列上的生长均匀性, 是一项非常困难的任务。在新型光子晶体光栅结构中, 通过改变气孔间距来设计峰值, 这可以简单地通过光刻工艺进行控制。这是一种更强大的光学设计!

该研究团队也正在设计所谓的分

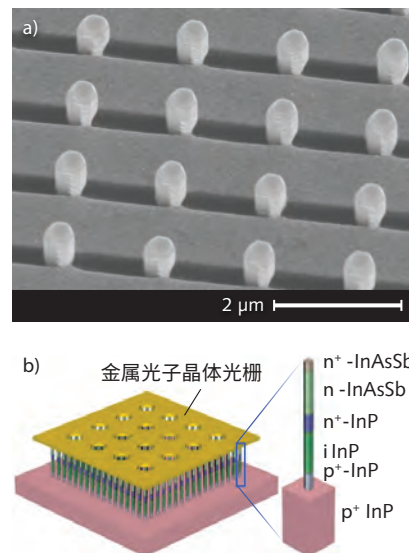


图1: 为了在纳米线阵列上形成金光栅 (a), 将纳米线本身 (垂直投影) 作为阴影掩膜, 以一定的角度将金沉积到表面, 从而形成没有沉积的区域 (暗色区域)。未来基于纳米线的分离吸收和倍增雪崩光电二极管 (SAM-APD), 将具有多晶面纳米线, 以帮助缓解晶格失配应变 (b)。

离吸收和倍增雪崩光电二极管 (SAM-APD), 这是基于纳米线和金属光子晶体光栅的 MWIR APD。这些器件可以工作于线性模式, 通过它们的内部增益进一步提高信噪比 (SNR)。由于没有可用的晶格匹配的大带隙材料来制备 SAM-APD 结构, 在纳米线生长过程中, 通过纳米线侧壁晶面弹性地调节应变, 能实现具有大晶格失配的异质外延。□

参考文献

1. D. Ren et al., Nano Lett. (2018); <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.8b03775>.
2. D. Ren et al., Nanotechnol. (2018); <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aaed5c>.
3. D. Ren et al., Nano Lett. (2019); <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.8b04420>.

电泵浦激光器

电泵浦有机二极管激光器取得新进展

文/Jeff Hecht

在经历了二十年的一系列艰难探索后，对电泵浦有机半导体二极管的长期追求可能已经结束。现在，日本九州大学的 Chihaya Adachi 领导的小组，报告了对于多个器件组成的分布反馈结构的特性非常敏感的窄带蓝光激光发射，阈值电流密度接近 1 kW/cm^2 ，相比于该领域之前的进展情况，这无疑是一次很大的进步。^[1]

高阈值电流被认为是激光发射的有力证据。美国宾夕法尼亚州立大学的 Chris Giebink 是该领域的资深研究人员，虽然 Chris 没有参与这项研究，但他指出，清晰的阈值行为、线宽窄化、以及对激光腔改动的强烈敏感性，这些特征也是激光发射的有力证据。虽然 Chihaya Adachi 领导的研究小组所取得的结果令 Chris 感到惊讶，但看了强大的证据后，他说“他们可能真的做到了”。

有机化合物的电致发光观测可以追溯到 20 世纪 50 年代，但是首个实用的有机 LED(OLED)可以追溯到 1987 年，这种技术已经广泛应用于彩色显示。OLED 的经济性带来了对廉价有机二极管激光器的早期希望，但在大规模生产无机二极管激光器后，情况发生了变化。现在有机二极管激光器的一项主要兴趣是提供无机二极管激光器所不具备的颜色，特别是绿光和黄光，其中窄带激光发射可以提供完全饱和的颜色和更有吸引力的显示。另一种应用是用于在柔性衬底或其他衬底上做沉积，而无机二极管在这类应用中的效果并不好。

光学泵浦证明了有机半导体激光器是成功的，并且低阈值分布反馈腔的发展，实现了紧凑且廉价的有机光学泵浦半导体激光器，类似于无机 OPSL。但业界的最终目标是开发电泵浦的有机二极管激光器，以便与其他光电子器件集成，并应用于光谱学、医疗设备、显示和 LiFi（光保真）光学网络。

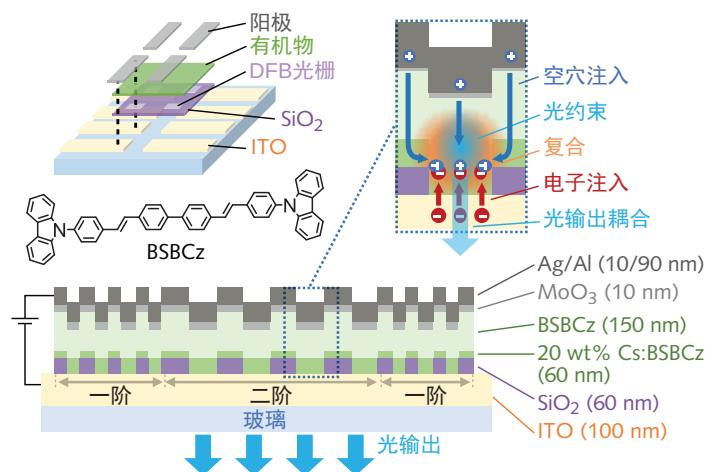


图1: 使用BSBCz薄膜作为增益介质、使用二氧化硅(SiO₂)光栅作为DFB机制的电泵浦有机激光二极管。

事实证明这是一项非常艰巨的任务，同时这也是一项非常诱人的目标。早在 2000 年初，JanHendrikSchön 曾声称已经在贝尔实验室制备了一种电泵浦有机二极管激光器。他的欺骗行为曝光后，让其他研究人员对任何关于“电泵浦有机激光器”的报道，都持高度怀疑的态度。任何有关电泵浦二极管激光器的报道，发射光都应该有明显的激光阈值、发射光阈值之上的光谱变化、光束相干、偏振和空间轮廓等特征，这样的报道才能令人信服。

有机化合物是关键

许多团队多年的研究，已经在克服电泵浦有机半导体激光器的许多障碍方面取得了逐步进展，Chris 小组所取得的新进展也是一项惊人的进步。Chris 小组成功的关键在于“克服了所有障碍让所有部件协同工作、并实现了真正的激光发射”。他们使用的结构类似于传统 OLED 中使用的结构，但使用的是 BSBCz（一种联苯化合物）薄膜，既作为增益介质又作为分布反馈(DFB)谐振器。这种化

下转第36页



华南先进激光及加工应用技术展览会
2019年10月10-12日 • 深圳会展中心 **2F70**



EVERBRIGHT

心 所 往 • 光 所 至

工业用高功率光纤激光器理想泵浦源

——976nm光纤耦合半导体激光器



- 180W@135 μm /280W@200 μm 光纤耦合输出
- 0.16 实际数值孔径 (95% 能量)
- 976nm 泵浦光纤激光器光光效率可达85%
- 节省有源光纤, 有效抑制非线性效应, 光纤激光器单瓦成本更低
- 自主高可靠性976nm 芯片
- 18~31 $^{\circ}\text{C}$ 范围内光纤激光器性能稳定

应用领域:



工业用光纤激光器



飞秒脉冲光纤激光器



苏州长光华芯光电技术有限公司

SUZHOU EVERBRIGHT PHOTONICS CO., LTD

地址: 江苏省苏州市高新区科技城昆仑山路189号2幢

电话: +86-512-6937-2570

邮箱: sales@everbrightphotonics.com

网址: www.everbrightphotonics.com

可调谐激光器

硅光子学拓宽通信与科研激光器的可调谐选择

文/Yongkang Gao, NeoPhotonics公司

云计算、社交网络以及新兴的5G应用，要求数据中心拥有巨大的计算能力，同时各个数据中心之间也需要彼此访问和互连的能力。这一趋势加速了大容量相干技术的采用，该技术的应用从远程传输到城域网，以及数据中心互连（DCI）。这些距离较短的DCI应用（约80~100km）对光学相干收发器的成本、尺寸和功耗特别敏感。

与过去几十年电子行业中发生的情况类似，集成化已成为降低光学元件的成本和尺寸的关键，同时也促进了集成硅光子学（SiPho）领域的快速发展。SiPho相干光学子组件（COSA）是展示硅的功能集成、成本优势和可制造性的一个实例。它将一个相干调制器与一个集成的相干接收器相结合，包含几十个光学功能，所有这些都集成在一个小于1cm²的硅芯片上，以实现更小的器件尺寸和更低的成本。

自从SiPho COSA商业化成功以来，业界就想进一步利用SiPho技术来建造波长可调谐的激光器。这种分立光学元件的片上集成，可以通过减少零件数量和降低装配复杂性，来降低可调谐激光器的成本。此外，SiPho可调谐激光器与SiPho COSA的先进集成或共同封装，将为下一代

低成本相干收发器构建完整的SiPho解决方案，提供最后一块拼图。

除了光通信之外，具有优化性能的紧凑型SiPho可调谐激光器，还扩展了在新兴领域的应用机会，例如用于自动驾驶车辆的激光雷达和用于生物医学传感的片上光学相干层析成像（OCT）。

产品挑战

虽然SiPho可调谐激光器可以成为相干通信和其他应用的一种具有成本效益和空间效率的解决方案，但是由于一些限制，它们的商业化尚未成功。

首先，由于硅是一种间接带隙半导体，硅上的光发射仍然不是直接的。一种有希望的解决方案是，通过对接耦合技术将SiPho芯片与III-V族发光材料集成在一起。然而，这种被动对准需要亚微米精度以及高重复性和高吞吐量。这非常具有挑战性，并且由此产生的较低的激光功率，不足以补偿高速相干调制器的大量损耗。

其次，增加硅腔的长度是产生更“纯的”激光（非常窄的线宽）、以在相干通信中携带更多信息的直接方式。然而，硅波导的传输损耗远大于自由空间光学元件和其他材料波导（如二氧化硅等）的传输损耗，这使

得长硅腔的使用不切实际。

第三，硅具有相对大的热光系数。因此，这些SiPho激光腔对任何热干扰都非常敏感，例如，对环境温度变化或激光电流的改变非常敏感。因此，构建频率精度低于1GHz的SiPho可调谐激光器，是一项非常具有挑战性的任务。

SOA和集成的进步

在过去的几年中，NeoPhotonics公司一直在研究SiPho解决方案以克服这些限制。NeoPhotonics的可调谐激光器由激光增益芯片组成，该芯片直接对接到一个基于环形谐振器的SiPho滤波器芯片上（见图1）。这里，环形谐振器通常在SiPho芯片中作为光学滤波器。增益芯片的一侧被切割并用作激光输出端口。这种空气和III-V族材料界面，将30%的光反射回增益芯片作为光学反馈。另一个

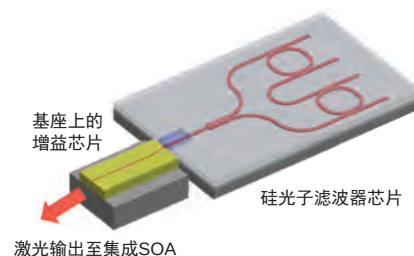


图1：硅光子（SiPho）集成可调谐激光器的基本原理图，包括波导和滤波器元件、光斑尺寸转换器（SSC），以及输入到半导体光放大器（SOA）的片上可调谐激光增益模块。



图2: 集成SOA的基于可调谐激光器的收发器的小型化封装, 以满足通信设备的小尺寸要求。该器件封装后的尺寸为14mm × 5mm × 4mm。

面镀有减反射膜层, 并与 SiPho 芯片对接耦合。

基于 SiPho 的腔由两个级联的环形滤波器组成, 通过游标效应 (Vernier effect) 在较大的光谱范围内提供激光模式选择。光经过两个环形滤波器后回到增益芯片中, 以提供激光光学反馈。

NeoPhotonics 还集成了一个内部设计的高功率半导体光放大器 (SOA), 以提高激光输出功率。然后将整个组件封装在一个小型化金盒中, 以满足光通信应用的严苛要求 (见图 2)。这种紧凑型激光器封装与 ASIC 控制电子元件一起, 适用于小型封装的紧凑型相干收发器, 例如 OSFP 或 QSFP-DD。

这种简单的两级器件设计 (激光器加放大器) 具有一些优势, 即 SOA 放大器补偿集成硅波导的大耦合和传输损耗。这允许长硅腔设计产生足够“纯的”激光, 同时仍然通过 SOA 放大实现高输出功率。它还降低了硅芯片上的光功率, 以防止在高功率水平下产生非线性效应。最后, 可以通过 SOA 电流调节来控制激光输出功率。

因为 SOA 位于激光腔之外, 所以能够在功率调谐时最大限度地降低激光腔的变化。这种将功率控制与其他激光参数分离的方案, 简化了激光控制方法。

性能改进

如果通过集成的微型加热器同时控制两个环形谐振器滤波器, 则可以在较宽的调谐范围内连续调谐激光波长 (或“无栅格”)。例如, 通过 SOA 集成, 在 65nm 的调谐范围内, 多达 27 个波长通道的激光输出功率可以达到创历史新高的 21.5 至 21.9dBm (见图 3)。

这个输出功率是目前业界报道的 SiPho 可调谐激光器的最高功率。实际上, 据我们所知, 这是适用于可插



DayOptics

Innovation of High Power Optics 高功率光学产品创新者

We provide high power, high precision, reliable optical products.
我们提供高功率、高精度、可靠的光学产品。



GLAN POLARIZER
格兰棱镜



MIRROR
反射镜



SPHERICAL LENS
球面镜



WINDOW
窗片



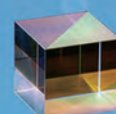
P-MUX ASSEMBLY
组合件



CYLINDER LENS
柱面镜



WAVEPLATE
波片



HIGH POWER PBS
高功率偏振分光棱镜

We can provide personalized design and customize.
可根据客户提供个性化设计与定制

福州光诚光电有限公司
地址: 福建省福州市金山福湾园8号阳岐支路6号 (350008)
电话: + (86) 591-8321 5681
传真: + (86) 591-8321 5359
电子邮件: sales@dayoptics.com
网址: www.dayoptics.com



戴斯光电
DayOptronics

World Class Manufacturer Centre 打造世界先进光学制造中心

湖南戴斯光电有限公司
地址: 湖南省长沙市宁乡高新区金水西路008号 (410600)
电话: + (86) 731-8705 1588
传真: + (86) 731-8705 1788
电子邮件: sales@dayoptronics.com
网址: www.dayoptronics.com

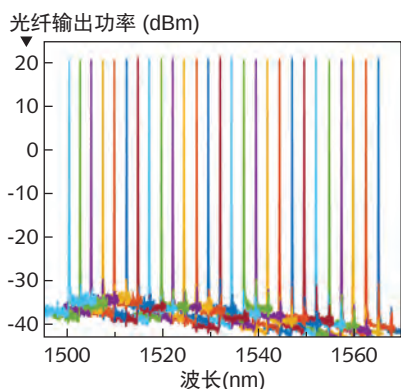


图3: 紧凑型SiPho集成收发器，在65nm波长范围内调谐的27个波长通道的叠加激光光谱。

拔收发器的所有可调谐激光器中，实现的最高输出功率。此外，激光线宽通常低于 60kHz，通过优化 SiPho 芯片设计还有改进的空间。这种窄线宽适用于 400Gbit/s 以及之上的高速相干通信。

值得注意的是，我们开发激光原型的目标是测试“具有优化的芯片间耦合的、SiPho 可调谐激光器”的最佳性能。由于芯片性能和芯片未对准误差的分布，批量生产的激光器的输

出功率将略低一些。此外，可调谐激光器的功耗是另一个关键性能参数，特别是对于它们在可插拔相干收发器中的应用。热电冷却器 (TEC)、激光设计以及 TEC 的工作温度都需要优化，以改善输出功率、电功耗和器件可靠性之间的权衡。

如前所述，SiPho 可调谐激光器的另一项挑战是实现低至 1GHz 的精确频率控制。这种高频率精度和高稳定性，需要在整个调谐范围和器件的整个生命周期内有效，能够对抗几百毫安的激光电流变化，承受 -5~80℃ 的典型环境温度范围，这样才能用于实际的通信应用。为了解决这个问题，NeoPhotonics 开发了片上传感器技术。

为了验证集成传感器的功能，改变 SOA 电流以调整激光输出功率，同时监控激光频率。由于激光腔的热干扰，SOA 电流变化为 200mA 时，激光频率漂移超过 10GHz。另一方面，

当启用传感器功能时，在相同的测试条件下，激光频率可以稳定在原始光谱位置，频率误差远低于 $\pm 1\text{GHz}$ 的目标。相同的传感器技术还首次 在 -5~80℃ 环境温度范围内，实现了 1GHz 的 SiPho 激光器频率稳定性。

SiPho产品

由于更少的部件、更少的组装和工艺步骤，SiPho 技术与可调谐激光器的结合，将会继续降低器件成本。当然，SiPho 可调谐激光器仍然面临着一些重要的挑战，其中一个挑战是将光与亚微米级尺寸的波导进行耦合。

为了在性能上能够与使用分立光学元件的传统器件相媲美，需要低损耗和高吞吐量的芯片耦合。这需要在 SiPho 芯片布局设计方面的进一步创新、需要优化的芯片到芯片和芯片到光纤的耦合器设计，也需要先进的自动对准系统，以便在短期内实现商业化产品。□

长光华芯 9xx 波段单管芯片实现 30W 输出

目前，长光华芯自主开发的 9xxnm 单管芯片已达到 30W 水平。长光华芯攻克了长期饱受桎梏的外延生长技术、外延结构设计、腔面钝化技术等方面的多个技术难题。

外延生长技术

长光华芯采用世界顶尖的气相外延炉 (MOCVD) 进行外延片的生产。外延材料包括了砷化镓，磷化铟，以及铟 (铝) 镓砷 (磷) 四元材料体系。生长波长覆盖了从可见光 630nm 到红外 2100nm 范围。针对大规模量产需求，我司采用多晶片反应器，如 3"12 片机或 6"8 片机，月产能达上千片；采取原位

过程监测，对量产过程进行严格把控。

腔面特殊处理技术

半导体激光芯片的光能量是经由一个芯片解理端面（前腔面，尺寸仅为微米平方量级的窗口）向外辐射输出，在高功率输出条件下腔面的光子吸收导致温升已足以融化腔面，最终导致激光芯片失效，这是限制激光器功率与可靠性提高的核心技术瓶颈。通过腔面特殊处理，可以大大减低腔面的光子吸收水平，从而提高芯片的功率与可靠性。在腔面膜处理方面长光华芯全自主建设的腔面钝化处理设备和自主开发的工艺技术，采用真空

解理钝化与无吸收窗口结构，有效降低腔面表面复合效应和腔面温度，提高芯片腔面灾变 (COMD) 水平。

外延结构设计

在外延结构设计方面，长光华芯采用非对称超大光腔波导结构，降低激光腔内部光损耗，增大光斑尺寸，提高内量子效率，从而提高芯片的输出功率、亮度与电光效率。

通过外延结构、腔面保护、芯片设计等的关键技术、工艺的持续改进，长光华芯自主开发的高功率高亮度半导体激光器芯片性能在室温工作条件下达到 30W 输出水平。□

激光雷达用激光器

单片多通道激光器 将汽车激光雷达推向实际应用

文/Ann Russell, Yochay Danziger; Osram

几乎当今所有自动驾驶汽车背后的驱动力，都是非凡的高功率激光驾驶雷达（光探测和测距）系统。激光雷达采用红外激光器，通过创建真实世界的实时 3D 图像，来导航自动驾驶汽车。脉冲激光器，与单像素传感器或使用飞行时间（ToF）相机的高功率激光闪光照明一起，用于创建 3D 图像。该系统测量从自主车辆到目标并返回到车辆的激光的行进时间。

随着激光功率的提高，3D 地图可以从更远的距离处捕获更多的物体和场景，这对于激光雷达制造商而言，是一项非常有吸引力的特征。然而，人眼安全是首要考虑的因素，因此极短的脉冲至关重要。因为信噪比与脉冲数的平方根成正比，快速脉冲（每秒超过 100 万次）产生更多的数据点和更好的信号质量。因此，快速的上升和下降时间至关重要。最近，欧司朗和加拿大 GaN Systems 公司合作，在一个四通道 SMT 封装中，提供了每通道 120W、峰值功率 >480W 的激光雷达激光功率，以及大约 2ns 的半高全宽（FWHM）脉冲和 <1ns 的上升和下降时间（见图 1）。

为什么选择 905nm 单片间隔激光器？

随着激光雷达的发展，出现了两种主要的波长选择：905nm 和 1550nm。这两种波长各具优势。

使用 CMOS 或其他硅探测器可探测 905nm，从而能显著降低成本和复杂性。

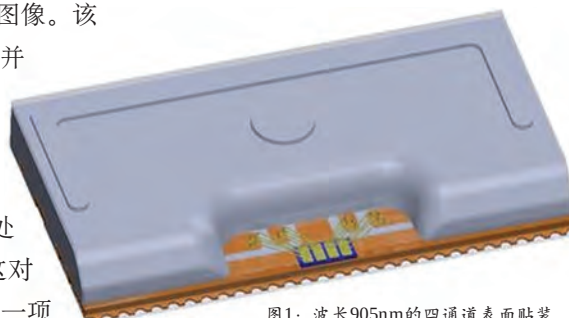


图1：波长905nm的四通道表面贴装激光器提供>480W的峰值功率。

硅光电倍增管（SiPM）和最终的铟镓砷（InGaAs）探测器通常用于 1550nm 探测，但在汽车鉴定所需的 105℃ 温度下存在重大挑战。人眼安全问题在 1550nm 处显著降低。然而，最近在消费型 DLSR 相机中有传感器损坏的情况。这种损坏是在使用典型的千瓦级光功率时发生的，该能量密度仍然太低，因为在那个宽带隙晶体结构中，尚未实现达到更高能量密度所需的三结结构（三个 p-n 夹层）。

对于作为自动驾驶环境一部分的

雾、雪和雨，在 1550nm 处也观察到了光功率的高吸收（见表 1）。^[1] 而且，多通道激光器是非常理想的选择：在单个发射时使用八个激光器，将实现 1% 的分辨率或 15cm 的步长，而使用 1ns 的飞行时间时，最小幅度和动态范围约为 18dB。显然，使用具有纳秒脉冲的 905nm 多通道高功率激光雷达激光器具有显著优势。

欧司朗的 905nm 表面贴装芯片，是由四个独立的 InGaAs/GaAs 应变量子阱激光器组成的单片阵列，由于具有隔离 V 型槽，可以单独或同时驱动阵列内的激光器，而没有光学串扰。当同时驱动时，四个通道的输出组合成看似 480W 的一个高功率激光脉冲（见图 2）。

光电二极管响应度 $R(\lambda)$ 的定义是使用 InGaAs 光电探测器（Thorlabs DET08）产生的光电流（IDP）与入射光功率（PLight）之比，来测量入射脉宽。给定波长的入射光功率定义为：

$$P_{\text{Light}} = I_{\text{DP}} \times \frac{1}{R(\lambda)}$$

使用以焦耳测量的光能量（使用 Ophir PD10-C，测得每个脉冲的光能量为 ~1.2μJ），并使用图 2 中所示的波形（FWHM 为 ~2ns），即可利用以

下式计算峰值功率：

$$W_{Pulse} = \int_0^t P_{Light} dt$$

每脉冲的焦耳除以脉冲时间的总输出电压，可以获得峰值光功率：

$$P_{Light} = \frac{W_{Pulse}}{\int_0^t P_{Light} dt} \times V_{Out}$$

每个激光器是在 GaAs 衬底上生长的三个单腔（三结）的结构，当对四个通道同时施加 160A 的电流时，每个通道产生 120W 的功率。激光二极管安装在无引线层压板载体基板上，可实现出色的热管理，能在高功率脉冲期间提供冷却。

封装材料是一种模塑环氧树脂，非常适合大批量生产，并为坚固耐用的汽车级封装提供持久保护，保护精密的激光器表面。表面贴装封装提供大批量可制造产品，可以使用受控模具定位到参考表面。四个通道是单片的，因为使用标准光刻和掩模工艺，将通道间隔和对准控制在微米级精度。激光器设计成具有 <1ns 的上升时间和下降时间。然而，驱动电路布局 and 封装电感起主导作用，并且可能会带来巨大的挑战。

由于连接各个通道的迹线（电流路径）的接近度（<500μm），紧密间隔的单片激光器可以在同时运行期间，导致电位电感耦合。增加的流量

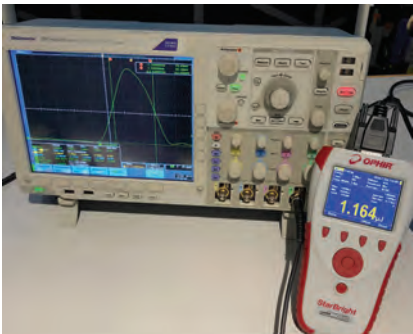


图2：GaN Systems公司的高功率激光驱动器，能够在欧司朗激光器的所有四个通道同时发射时，产生480W的峰值光功率。

迅速变化，并且由于铜迹线的电感，通过小迹线的高电流与电流的变化相反。这种效应在更大的变化率下进一步恶化，因此更难实现更短的脉冲。

电流的变化引起反向电压，并且在四个通道的迹线周围产生小的磁场。根据法拉第感应定律，通过电路的磁通量的任何变化，都将会引起电路两端测量电压的电动势。这个感应电压和迹线中的变化电流之间的比率被定义为电感。根据伦茨定律，随着电流的涌入，称为“反电动势”的感应电压产生在电流的相反方向。当考虑邻近激光器的接近度时，这种由更短脉冲增加的对立性带来了真正的挑战。

宽带隙半导体

欧司朗的工程师们最初试图通过使用紧密间隔的硅场效应晶体管（FET）来解决这个问题，以允许电流在导通期间流过激光二极管。然而这种方法并不可行。对于这种高功

率产品而言，驱动器与激光二极管的接近程度并不重要，因为硅在高电流和高总线电压（>200V）下失效，以克服固有的键合线电感。硅 FET 还显示出显著的栅极电容，这限制了短脉冲运转。最后，从被动热管理的角度来看，将驱动器集成到激光器封装中并不理想，因为水冷或热电冷却器（TEC）在汽车应用中不是经济有效的选择。

在非常快速的开关和高功率电池充电电路中，电动汽车和光通信行业已经享受宽带隙半导体（其中需要 >2eV 的能量将电子激发到导带中）的益处很多年。由于具有低带隙和由此带来的缺陷，硅（1.1eV）无法满足这种苛刻的性能。^[3] 碳化硅（SiC）是一种常见的宽带隙（3.2eV）半导体，也不能提供快速切换所需的高电子迁移率（见表 2），尽管它确实表现出优异的热性能。

氮化镓（GaN）是关键属性的完

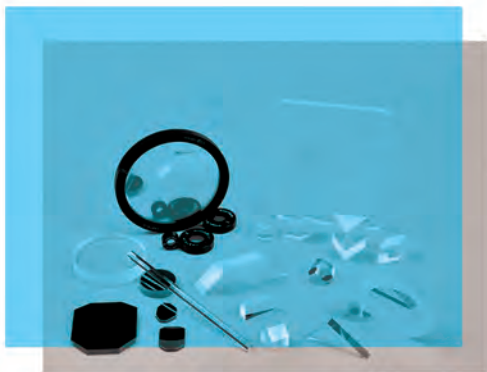
表1：针对905nm和1550nm波长以及所选条件计算的大气消光系数

大气消光系数 κ(λ) (km ⁻¹), 相对湿度 70%					
能见度 (km)	1	5	10	15	23
λ = 905 nm	2.327	0.462	0.228	0.150	0.096
λ = 1550 nm	1.137	0.225	0.111	0.073	0.046

大气消光系数 κ(λ) (km ⁻¹), 相对湿度 100%					
能见度 (km)	1	5	10	15	23
λ = 905 nm	2.615	0.519	0.256	0.168	0.108
λ = 1550 nm	1.363	0.270	0.133	0.087	0.056

表2：常见场效应晶体管材料的特性比较

材料特性	硅(Si)	碳化硅(SiC-4H)	氮化硅(GaN)
带隙(eV)	1.1	3.2	3.4
临界场(10 ⁶ V/cm)	0.3	3	3.5
电子迁移率(cm ² /V-s)	1450	900	2000
电子饱和速率(10 ⁶ cm/s)	10	22	25
导热系数(W/cm ² K)	1.5	6	1.3

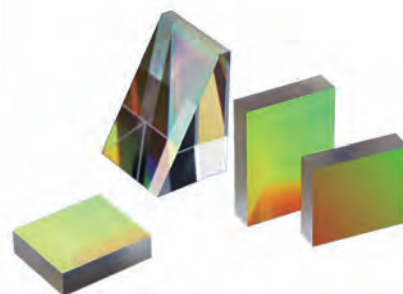


◀ 光学元件



声光器件 ▶

LBO 晶体 ▶



▲ 光栅



▲ 隔离器

CASTECH®
—— 福晶科技 ——

CRYSTALS / PRECISION OPTICS / LASER COMPONENTS

Visit us at

CICE | 中国光博会

展位号：9D09
9月 4-7, 2019
广东,深圳会展中心

扫描二维码
了解更多信息
+86-591-83710533



美结合，它是一种宽带隙半导体，可以在汽车鉴定温度下提供具有极高电子迁移率的性能（见表2）。此外，SiC 和 GaN 都具有高临界场值，从而防止击穿并减少漏电流。GaN 的导热系数（300K 时约为硅的 3.5 倍）、高电场击穿强度（约为硅的 15 倍）和宽带隙（约为硅的 3 倍），使其成为非常适合高温、高功率和高频环境的材料。GaN 是制造高功率、快速开关 FET 的理想材料，可以驱动电流同时流过四个高功率激光通道，以在短脉冲内获得所需的 480W 光功率。由于这项研究，欧司朗与 GaN Systems 公司建立了合作伙伴关系，因为它为驱动四通道激光器提供了理想的 GaN FET。

即使 GaN 在激光雷达应用中具有高性能参数，要实现 480W 的峰值功率和 <2.5ns 的 FWHM，也需要特定的电路设计。为此，GaN Systems 公司开发了经典谐振增强模式电路的专用版本，用于驱动四通道欧司朗激光器（见图3）。^[2]有效的电路板布局也很关键，这也是 GaN Systems 公司的专长所在。

欧司朗的新产品已经在 CES 2019 和 SPIE Photonics West 上展出。GaN Systems 公司获得专利的焊盘下电路（circuit-under-pad, CUP）器件拓扑结构，可用于高电流横向 GaN 功率晶体管，可以实现非常高效的热管理。^[4]虽然所示电路同时驱动所有四个通道，但 GaN Systems 公司也将开发可单独访问的解决方案。

接收器的考虑

激光雷达探测到的距离精度，可以近似为信号宽度除以过滤后的信噪比（SNR），并且不一定是最佳条件下。

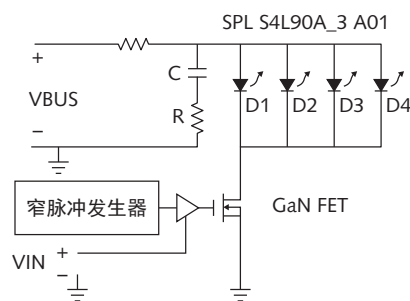


图3：增强谐振模式电路用于驱动四通道激光器。

当从噪声（高 SNR）滤出信号、同时对接收的宽度脉冲引入最小的失真时，达到最佳探测性能。最好使用“白化”匹配滤波器、或具有相同原理的其他滤波器来实现。

生成这样的最佳滤波器（模拟或数字）需要在不完美条件下评估信号和噪声，例如由倾斜的衬底反射、噪声和背景辐射、热噪声和 1/f 噪声引起的接收信号幅度、脉宽和拖尾。气溶胶中的脉冲散射会在接收器中产生连续的直流背反射，这会转化为散粒噪声。这种反射还可以在极端条件下使接收器饱和，导致恢复时间可能是几分钟，因此产生了具有挑战性的接收条件。

显然，匹配接收器以探测非常短的脉冲，在充满挑战的条件下可能不是最佳的，因为较宽的接收器频谱将在最终处理的信号中引入更多噪声。因此，由具有稍长持续时间的接收器“窗口”的短发射脉冲组成的混合模式，提供了更稳健的系统。

两家公司之间进一步的战略合作，将实现更短的脉冲，从而实现最佳的人眼安全和热管理，以及高分辨率。激光雷达技术的长期障碍是能够以短脉冲传输激光，同时保持高峰值功率。这个障碍现在已经被克服，使实现“人人都能使用自动驾驶车”的目标更近了一步。□

参考文献

1. J. Wojtanowski et al., Opto-Electron. Rev., 22, 3, 183–190 (2014).
2. J. Williams, “AN98 Signal Sources, Conditioners, and Power Circuitry – Circuits of the Fall, 2004: Nanosecond Pulse Width Generator,” Linear Technology Corporation (2004).
3. See <http://bit.ly/OsramRef4>.
4. A. Mizan, H. Mousavian, and X. Cui, U.S. Patent Application No. 15/988,453 (2019).

上接第28页

合物具有极低的光泵浦激光阈值，光学增益高，并且无三线态吸收，这些特征结合起来，实现了电泵浦激光器的连续波（CW）运转。

器件的结构沉积在玻璃上，从溅射在氧化锡锡上的 SiO₂ 层开始，以产生 30μm 宽和 90μm 长的 DFB 结构（见图1）。在其上施加有机层和导电层。关键步骤是让其他研究组重现其性能。“庆祝胜利可能为时过早，但它看起来还是很有希望。” Chirs 说道。

九州大学的研究组正在寻求开发与 BSBCz 具有相似或更好性能的其他材料，并且前景乐观。今年早些时候，九州大学研究组的几名研究人员创建了一家名为 Koala Tech 的初创公司，生产电泵浦有机二极管激光器。他们计划将其集成到 OLED 和有机电子系统中。□

参考文献

1. A. S. D. Sandanayaka et al., Appl. Phys. Express (2019); <https://doi.org/10.7567/1882-0786/ab1b90>.
2. J. Lin et al., Sci. Bull. (2017); <https://doi.org/10.1016/j.scib.2017.12.010>.

商业论坛

激光市场不断演进，价格战仍将继续

——访相干公司总裁兼CEO John Ambroseo

文/ Andreas Thoss, John Lewis

2019年4月，相干公司宣布其总裁兼CEO John Ambroseo 将在未来两年内过渡到退休状态。John 于1988年加入相干公司，从销售工程师的职位一直晋升为最高管理者。我们有幸采访到他，请他分享了自己的一些从业经历以及对这个行业未来发展的一些看法。

Laser Focus World：相干公司收购罗芬公司已经过去三年了，这是激光界的一项重大努力。在这三年中，您觉得德国和美国在企业理念上有什么不同？

John: 在收购罗芬之前，我们在德国已经拥有大量的业务经验，并且对德国当地的一些业务实践已经非常熟悉。这两家公司之间的差异，主要还是在于他们的组织和管理方式。多年来，相干公司一直围绕着“卓越技术中心（以技术为中心的业务单元）以及面向市场的分销模式业务；而罗芬的模式类似于拥有大量高度独立子公司的控股公司。

我们知道，向卓越技术中心模式的迁移会非常艰难，因为虽然有一些新同事愿意接受变革，但也会有一些同事希望维持现状。后者要么选择接受改变，要么在相干公司之外寻求新的机会。



John Ambroseo，相干公司总裁兼CEO

LFW：回顾一下你在这项收购中的商业期望，有哪些期望已经实现？有哪些期望是不现实的？

John：我们非常熟悉罗芬，并且有许多员工都在两家公司工作过，因此我们对预期情况有了很好的了解，因此，与整合相关的意料之外的情况很少。

从商业角度来看，两家公司整合最大的挑战是光纤激光器市场。长期以来，成本是该市场成功的关键。市场领导者在保持对竞争对手施加压力的同时，也在优化自身的盈利能力。

此外，中国光纤激光器制造商的崛起也正在颠覆这个市场，随之而来的价格下跌令人震惊。虽然关于中国

国内和国外的商品成本存在差异，但真正的问题是最终的商业目标。一般来说，西方制造商是管理损益业务，而中国制造商则专注于增长。中国厂商的这种关注点不太可能很快改变。同样不现实的是，针对功率4kW以下的产品与中国厂商竞争。中国的一家或几家光纤激光器制造商正在突破更高功率的障碍，4kW以下产品的价格战会更厉害；这只是一个时间问题。

LFW：你觉得相干公司和罗芬的整合已经结束了吗？还是你希望在光子学行业有更多大规模的并购行为？

John：规模是长期成功的关键参数。它允许企业实现更高的效率，产

生更多的现金流，而这些现金可以重新投资于企业或返还给股东。我们行业中的许多公司在扩大规模和年销售额突破 10 亿美元方面，都做出了令人钦佩的努力。虽然这是一个值得注意的里程碑，但是从全球范围来看，激光行业的公司仍然被认为是小公司。

我希望大规模并购能够继续推动新的市场，创造新的就业机会。有些人可能会有监管方面的担忧，但是在监管不利因素成为结果的决定性因素之前，可能还会出现一些整合行为。

LFW：今年，推动相干公司业务增长的三大技术趋势是什么？

John：消费电子产品制造大约占据了我們一半的业务，涉及多种技术和应用。准分子激光退火是消费类电子产品中最大的应用。

材料加工是我们的第二大市场，包括许多应用。同时，我们对汽车领域取得的进展也非常满意。考虑到全球汽车业务的销售前景，这可能会令人惊讶，但我们正在与多个致力于解决特定制造问题的合作伙伴合作。我们的产品部署在生产环境中，用于车门、白车身和电动汽车制造，旨在实现汽车轻量化以提高能源效率、提高质量以降低成本，或提高抗冲击性以实现更好的乘客安全性。

今年到目前为止，我们的 OEM 组件和仪器业务已经显示出非常强劲的增长。生物仪器作为预防和诊断护理的一个关键部分，这部分业务一直在增长。我们也看到了在医疗 OEM 销售方面的增长，这主要源于我们的客户在全球范围内的渗透率的增加。

LFW：比较亚洲、欧洲和美国，

你认为哪里有最好的商业机会？

John：亚洲市场大约占据我们业务的一半，这一点并不奇怪，因为绝大部分消费电子产品的制造集中在亚洲。客户对新材料、新工艺和产量提升的兴趣非常高，因此未来的业务机会非常好，这也使得亚洲会保持在我们业务的最高位置。

从历史上看，欧洲在应用方面一直处于领先地位，但经济挑战和制造业基础的持续侵蚀，正在对欧洲市场的发展带来负面影响。我们希望政策决策能够扭转这一趋势，因为失去从光子学行业到其他行业的有才华和有创造性的科学家和工程师，将是一种耻辱。

美国市场一直表现得人意料的强劲，尽管存在贸易问题、政治问题和技术劳动力老龄化的问题。我们认为美国市场的表现归因于美国在生物技术、半导体发展和清洁能源领域的历史领先地位。

LFW：十年前，我们曾询问你相干公司在亚洲设立制造基地的看法。今天，你对此怎么看？

John：我们在亚洲有多个直接的合同制造业务，帮助我们服务全球客户群。我们可能会增加在亚洲的研发力度，以帮助加快消费电子产品和材料加工中一些应用的上市时间。

LFW：对于其他大型激光制造商来说，商品化是一个严重的问题。你是怎么处理的？

John：商品化带来的压力变化很大，这取决于市场和技术。客户对所有市场的性能和可靠性都很重视。有些市场比其他市场更依赖于创新的速度。微电子和仪器仪表客户期望在

12-18 个月的时间内，能够定期提高性能。能够跟上这些市场需求，我们就可以市场中保持我们的差异化和价值主张，从而避免商品化的问题。

在材料加工等市场中，产品的生命周期往往较长，对成本也比较敏感，商品化是一个更大的挑战。在这里，最重要的是管理成本，但正如我前面提到的，有些竞争对手的经营目标并不相同。

LFW：工厂自动化或工业 4.0 是工业领域的一大趋势，其至少能带来 20% 的生产率提升。你对此有何看法？相干公司针对这个领域有哪些举措？

John：我们所有人都在研究工业 4.0，并且在以不同的方式实现它。为客户提供更大的流程可视性和控制能力至关重要。我们正在实施不同的方法来实现这一目标，例如通过有线或无线接口来监控激光器和激光参数的能力。对于我们的工具业务，这是一项价值数亿美元的业务，我们现在把它带到一个通用的软件平台上，从而允许从任何地方进行远程控制或远程监控。

当然，我们这么做的其目，不仅是让这些工具之间可以相互，而且让它们还可以与工厂的其他部分交互。我们正在实施这项计划。我想说的是，我们并没有像其他人那样大力推广它。我们认识到这是一项重要的长期努力，它肯定是我们发展路线图中的一部分，但是我们首先要从自身的产品组合开始。□

VisionCon 2019

视觉系统设计技术会议

2019年12月5日 · 深圳



精彩议程 (部分)

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

4

APR 成都
标准会议

6

JUN 苏州
超级会议

携手ACT 4 大会议，
打造 2000 人
“跨领域，拓商机”大会

12

DEC 深圳
标准会议

从“制造”到“智造” 机器视觉——不可或缺的关键技术

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

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

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

主办单位



大会媒体

视觉系统设计
Vision Systems Design China

参会报名



会议咨询 86-21-62511200

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

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

TECHSPEC® 多元件套管系统

爱特蒙特光学推出的 TECHSPEC® 多元件套管系统，使用混合搭配的组件打造出高度通用的光学系统，具有前所未有的可调节性，是原型设计和创新光学设计的理想之选。

它通过将多元件外套管与多元件内部单片光学件安装座、以及多元件内部成对光学安装座相结合，形成一个完整的系统。整条多元件外套管都带有 M29 螺纹；多元件内部单片光学件安装座和多元件内部成对光学安装座都带有 M29 螺纹，可以放置在外套管的任何位置。这种设计允许光学间距沿光轴无限调节。为了便于调整，我们还推出了特别设计的多元件套管扳手，其带有一个中空的孔，可以在调节期间让光束通过。



TECHSPEC® 多元件套管系统可容纳直径 5~25.4mm、边缘厚度达 17mm 的圆形光学元件。系统长度从 15~100mm 不等，并且可以组合使用以扩展功能。现货，可立即交付。

爱特蒙特光学，www.edmundoptics.cn

nLight公司8kW高功率光纤激光器

nLight 公司推出 Corona™ CFX-6000 和 CFX-8000 高功率光纤激光器，用户可以根据自身应用来调整光纤中的光束轮廓。

使用单个 Corona 光纤激光器，用户可以快速地“从高强度的小光斑光束到大的环形光束之间”进行选择，以及选择介于两者之间的所有光束。这一显着进步，可以实现最佳的厚、薄金属切割，实现更高的切削速度、优越的切割质量以及使用单一工具改善的穿孔和小特征加工的时间。

Corona 高功率光纤激光器，既能让用户够获得用于薄金属加工的高功率光纤激光器的速度，同时还能获得用于厚金属加工的 CO₂ 激光器的加工质量，以及光纤激光解决方案的高运行时间和低运行成本。

能在不到 30ms 的时间内进行光束调整，可以在保持全功率运行的同时，实现每个工艺步骤的实时优化；基于硬件的背反射保护，可以加工反射性金属，不会中断或损坏激光器。

nLight，www.nlight.net

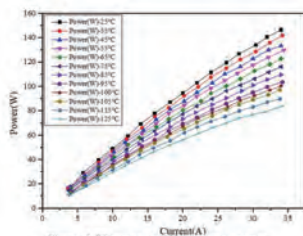


瑞波光电100W 905nm激光雷达芯片

深圳瑞波光电电子有限公司推出新研制的 100W 905nm 脉冲激光雷达芯片 RB-905D-300-100-0.75-SE，其采用 4 层发光节，发光尺寸为 $300\mu\text{m} \times 16\mu\text{m}$ ，光电转换效率达 41%。快轴发散角 30° ，慢轴发散角 10° 。这款芯片耐高温特性优异，能在 25~125℃ 的变温测试中，温度每升高 10℃，输出功率降低 4%。

这款芯片可用于无人驾驶、测绘、勘探、无人机、服务机器人等领域。

瑞波光电，www.raybowlaser.com



Menlo Systems的飞秒光纤激光器

Menlo Systems 的新型 ELMO 780 飞秒光纤激光器，输出波长 780nm，最大功率 140mW，重复频率范围 50~100MHz，最大脉冲能量 14nJ，脉冲宽度 100fs。采用全保偏光纤设计，保证了良好的激光器运行的稳定性和低噪声。

ELMO780 非常适合应用于太赫兹产生、多光子激发、光刻技术和 3D 精密打印，以及作为放大器的种子源。它采用模块化概念，紧凑的倍频模块适用于 OEM 集成，并针对最大限度的通用性进行了优化。所有系统均免维护，专为 24/7 的全天候运行而设计，只需按下一个按钮即可使用。

Menlo Systems，www.menlosystems.com



TOPTICA Photonics的超快光纤激光器

FemtoFiber ultra 920 是 TOPTICA 第三代超快光纤激光器的新成员，其能在中心波长 920nm 处提供持续时间小于 100fs 的激光脉冲。该系统提供超过 1W 的平均输出功率，并具有交钥匙工程和成本效益高的设计。

该激光器结构紧凑，采用低成本和免维护设计，针对 OEM 集成进行了优化，按下一个按钮即能启动。不需要



水冷，简单的空气冷却足以使系统稳定运行。

能在近红外波段提供具有高平均功率的飞秒脉冲，具有良好的光束质量。适用于非线性显微镜应用，如荧光蛋白的有效双光子激发和基于 SHG 的对比机制；也可用于工业领域。

TOPTICA Photonics, www.toptica.com

博智慧达HD6-W系列焊缝跟踪传感器

苏州博智慧达激光科技有限公司的 HD6-W 系列焊缝跟踪传感器，是一款焊接专用传感器，适用于平面、曲面、圆周焊缝的跟踪，提升焊接质量。



HD6-0020W 高精度

型号，可检测 0.1mm 的细缝，水平误差 <0.04mm，高度误差 <0.018mm，适合精密焊接。可以引导焊接机器人精准寻到焊接缝隙，并引导完成焊缝焊接工作。HD6-0022W 高精度型号可检测 0.2mm 的细缝，水平误差 <0.05mm，高度误差 <0.018mm，适合精密焊接。HD6-0050W 通用型号适合弧焊、气保焊等通用焊接。

HD6-W 系列能支持多种焊接类型；确保安全焊接和完美焊缝；对于复杂物体能降低编程工作量；具有开源软件架构，用户可自行添加通讯协议与各种机器人进行配合；IP67 防护等级，全系标配防护三件套。可用于压力容器、汽车、造船、铁路、结构钢、集装箱、车厢板等产品中的焊缝跟踪。

苏州博智慧达激光科技有限公司, www.bzhldlaser.com

IceFyre 355-50工业级紫外皮秒混合光纤激光器

万机仪器旗下光谱物理公司的 IceFyre 355-50 工业级紫外皮秒混合光纤激光器，提供 >50W 的超短脉冲，重复频率高达 10MHz。



该产品非常适用于生产线中要求的高产量、高质量的微加工应用。Spectra-Physics IceFyre 355-50 具有可编程突发模式、高级触发和广泛可调的重复频率，为工艺优化和对新材料的适应性提供了多功能性。它还提供 10ps 的脉冲宽度，重复频率可调。具有按需脉冲和位置同步输出触发、低定时抖动、内置动态功率调节等特点，为高速加工过程

提供了精确的控制。

该激光器能在 5G 电子元件和柔性印刷电路、OLED 和柔性显示器、太阳能光伏电池以及许多其他材料和设备的大批量生产中，实现冷微加工。

MKS Instruments, www.mksinst.com

天元激光320W高功率半导体激光器

江苏天元激光推出 9xx 系列 320W 高功率输出半导体激光器模块，它基于多激光芯片光斑整形合束技术，在数值孔径 NA0.22、芯径 200μm 的光纤内，实现了 320W 的高功率激光传输。光纤内传输激光 95% 以上的功率在 NA0.18 范围内传输，使得经过光纤传输的激光功率更集中，光斑亮度更高。



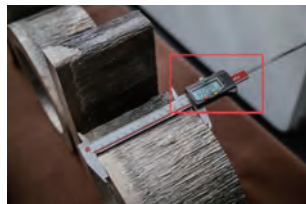
目前该模块可根据客户应用需求提供 915nm、976nm 两种波段，光谱半高宽度小于 4.5nm。模块内设有 1064nm 激光隔离机制，特别适用于光纤激光器、光纤放大器等泵浦源应用，避免系统中反向传输的光对激光模块可能造成的损伤，提高整个系统的安全性、稳定性。

该产品具有高功率、高能量、高稳定性的优点，特别适用于光纤激光器、光纤放大器、直接半导体激光器泵浦源；同时在材料加工、激光医疗、激光雷达、传感、科研等领域也具有广泛应用。

江苏天元激光科技有限公司, www.skyeralaser.com

邦德激光30kW超功率激光切割机

邦德激光推出 30kW 激光切割机，这是目前国内功率级别最高的光纤激光切割机。它得最大切割厚度可以达到：不锈钢板材 130mm，碳钢板材 70mm！以目前加工行业最常见的厚度为 16~20mm 的碳钢和不锈钢为例，这款 30kW 切割机的加工速度可以达到 4~5m/min，是传统加工速度的 5-6 倍。

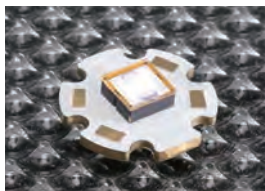


这款激光切割机在超厚不锈钢板的加工方面游刃有余，无论切割厚度、加工速度还是系统的升级维护，都实现了较大幅度的提升。这对于用户提高加工效率、缩短投资回报周期，具有明显的正向作用。

邦德激光, www.bodor.cn

SLD Laser的激光白光光源

SLD Laser 公司的 LaserLight SMD, 是世界上首款高亮度小尺寸 (7mm)、SMD 封装的激光白光光源。其光通量为 450lm, 亮度可达 1000cd/mm²。LaserLight SMD 可以实现超远距离、窄发光角度和紧凑光学设计。应用领域包括特殊照明、消防、搜救、监控、投影、汽车及机器视觉等。



该公司的 LaserLight 光纤模块, 是一款高亮度、长距传输的激光白光光源。经高效率光纤传输的蓝光半导体激光汇聚在荧光材料上, 产生宽光谱、非相干及人眼安全的白光。光通量达 400lm, 发光中心亮度超过 1400cd/mm², 可应用于汽车前装市场、特种照明等领域。

SLD Laser, www.sldlaser.com

桌面式料带自动焊接系统

大族激光精密焊接事业部生产的桌面式料带自动焊接系统, 为全自动化定制系统, 以桌面式自动加工方式对冲压料带进行激光焊接。该系统在满足用户高效率、高质量生产需求的基础上, 为用户最大限度地节约成本。



冲压是基础生产方式之一。桌面式料带自动焊接系统可以与冲床无缝对接, 高效完成冲压之后的焊接工序。

该系统采用模块化设计, 可根据不同类型产品更改对应模块; 与标准机台结合的方式, 可以减少定制机构部分, 降低整套系统硬件等成本, 为用户提供极具性价比的系统集成解决方案; 采用高速振镜系统, 满足冲压工序中的生产速度要求; 料带定位精度 $\leq 0.02\text{mm}$, 料带焊接精度 $\leq \pm 0.05\text{mm}$ 。

该料带自动焊接系统适用于各种冲压料带的焊接工序, 有极强的适应性和通用性。

大族激光精密焊接事业部, www.hanswe.com

领创激光手持式连续激光焊接机

领创激光器推出的手持式连续激光焊接机, 采用最新一代光纤激光器。使用自主研发的焊接头, 弥补了激光焊接光斑细小的劣势, 扩大了加工部件公差范围和焊缝宽

度, 获得更好的焊缝成形。

焊接头为 QBH 光纤手持式, 独有激光器控制盒同时具备 QCW (准连续)、PWM (脉冲)、CW (连续)



三种出光模式。焊接头配备吹气控制和安全锁。

该产品具有如下特点: 焊接速度快, 比传统焊接快 2-10 倍, 一台机器一年至少可以省 2 名焊工; 焊缝平滑漂亮, 减少后续打磨工序, 节省时间和成本; 焊接工件无变形, 无焊疤, 焊接牢固; 激光焊接耗材少, 寿命长; 操作简单, 无经验也能焊出漂亮产品。

该产品在薄不锈钢板、铁板、铝板等金属材料焊接方面, 可完美取代传统氩弧焊、电焊工艺, 可广泛应用于橱柜厨卫、楼梯电梯、货架、烤炉、不锈钢门窗护栏、配电箱、不锈钢家居等行业复杂不规则的焊接工序。

领创激光, www.szlead.com

百超推出超大幅面光纤激光切割机

百超公司推出 ByStar Fiber 6225 和 8025 超大幅面光纤激光切割系统, 可分别加工尺寸为 6.2m × 2.5m 和 8m × 2.5m 的金属板材。它们可以选择



3~10kW 的激光光源, 以满足特定的生产要求以及待加工材料的类型和厚度。

使用大型金属板材, 可以在不中断切割周期的情况下, 切割出更大的零件, 或者是切割出更多样化的小零件, 并且切割大零件和切割小零件相结合, 能够实现更有效的板材利用率, 减少加工结束时剩余的不可用板材量。利用百超的 BySoft 7 软件, 该超大幅面光纤激光切割机支持智能嵌套程序, 可以为大型零件创建最佳切割方案。

该切割机能够最大限度地灵活处理大批量客户订单。无论是切割铝、有色金属还是钢材, 高性能的切割头在处理薄、厚板材和型材方面, 都能实现最大的加工精度。能够切割厚度达 30mm 的钢材, 独特的 BeamShaper 选项, 有助于实现清晰干净的切割边缘。使用 21.5 英寸触摸屏, ByVision Cutting 软件操作起来和智能手机一样简单。采用广泛的自动化解决方案, 即使在无人操作的情况下, 也能确保最大程度的机器利用率和过程可靠性。

Bystronic, www.bystronic.com



www.automcexpo.com

2020 第六届武汉国际先进汽车制造技术暨装配自动化展览会

The 6th China Advanced Automotive Manufacturing Technology Expo 2020

2020.5.7-9 | 武汉国际博览中心（汉阳区）



| 同期举办 Together with |



第七届中国（武汉）国际汽车零部件加工技术/汽车模具技术展览会
The 7th China (Wuhan) Automotive Parts & Processing Technology Expo 2020

沃森展览

联系方式：

参展联系人：李先生 电话：027-8421 8603

邮箱：lilin@watsonunexpo.com

参观联系人：杨小姐 电话：027-8421 8636

邮箱：lisayang@watsonunexpo.com

手机：18827005751（微信同号）

手机：15071476051（微信同号）

QQ:3471740177

Advertiser	广告商名称	网址	页码
ACS Motion Control (China)		www.acsmotioncontrol.cn	25
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
AUTO TECH 2020	2020第七届中国国际汽车技术展览会	https://sz.quanchu.com.cn/Exhibitors/czsqcn/	43
贝林激光		www.bellinlaser.com	1
CAMBRIDGE TECHNOLOGY, A NOVANTA COMPANY		www.cambridgetechnology.com	3
CASTECH INC.		www.castech.com	35
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/099-8613	23
FISBA		www.fisba.com	15
福州光诚光电		www.dayoptics.com	31
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	29
Luxinar	罗悉激光	www.luxinar.com	11
Santec		www.santec.com.cn	IFC
SCANLAB GmbH		www.scanlab.de	17
安扬激光		www.yslphotonics.com	IBC
Zemax		Zemax.net.cn	5
II-VI		www.ii-vi.com	7



www.laserfocusworld.com.cn

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)

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

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

General Manager - China (中国区总经理)
Michael Tsui (徐旭升)
michaelt@actintl.com.hk
Editor-in-Chief (总编辑)
Rossie Pang (庞会荣)
rossiep@actintl.com.hk

US Offices

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

Editor in Chief
John Lewis
jlewis@endeavorb2b.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

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

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

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

Eva Liu (刘婷)
eval@actintl.com.hk
Tel: 86 138 8603 3073
Grace Zhu (朱婉婷)
gracez@actintl.com.hk
Tel: 86 159 1532 6267

Asia (亚洲)

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

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

North America (北美)

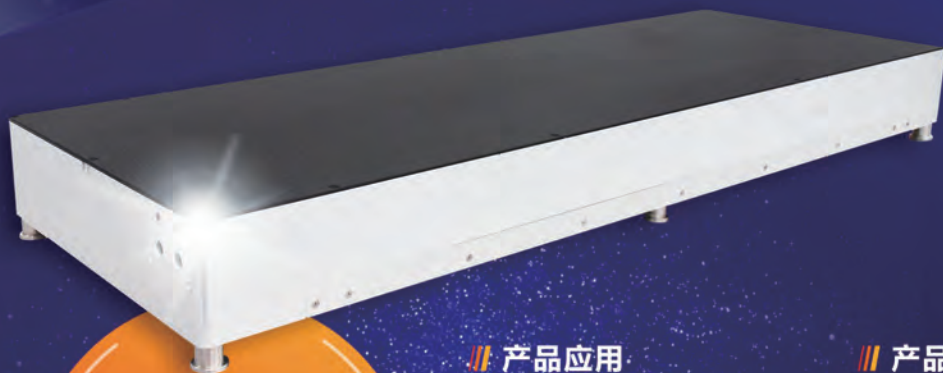
East & Central
Jeff Nichols
jnichols@endeavorb2b.com
Tel: 1-413-442-2526

West & Mountain
Anne Marie St.John-Brooks,
amstjohn@endeavorb2b.com
Tel: 510.606.0630

Europe & Middle East (欧洲及中东)

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

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



100W
飞秒光纤
激光器

产品应用

- OLED 模组切割
- 全面屏切割
- 蓝宝石&陶瓷盖板&玻璃切割与钻孔
- 复合薄膜材料加工
- 半导体晶圆加工
- 锂电池隔膜切割

产品特点

- 平均功率 **>100W**
- 脉冲宽度 **~300fs-10ps**(可调)
- 重复频率 **25-5000KHz**(可调)
- 脉冲能量 **>200uJ**
- 支持 **PSO/POD**控制
- 支持 **Burst**脉冲串功能

产品应用

- 光电流显微检测
- 纳米光子学
- 荧光光谱与成像
- 超分辨成像 (STED)
- 光学相干断层扫描 (OCT)
- 光声显微成像

产品特点

- 总功率 **>20W**
- 外部触发 **1-80MHz**
- 波长 **400nm-2400nm**
- 重复频率 **0.01-200MHz**
- 单脉冲能量 **>1.5uJ**
- 单模光纤输出

20W
超连续谱光源



Aerotech全新的Nmark和AGV-HPO扫描振镜电机

精准 • 稳定 • 灵活 • 可细分 • 经济

高精度

1微米精度

高稳定性

兼顾长时间工性能

配置灵活

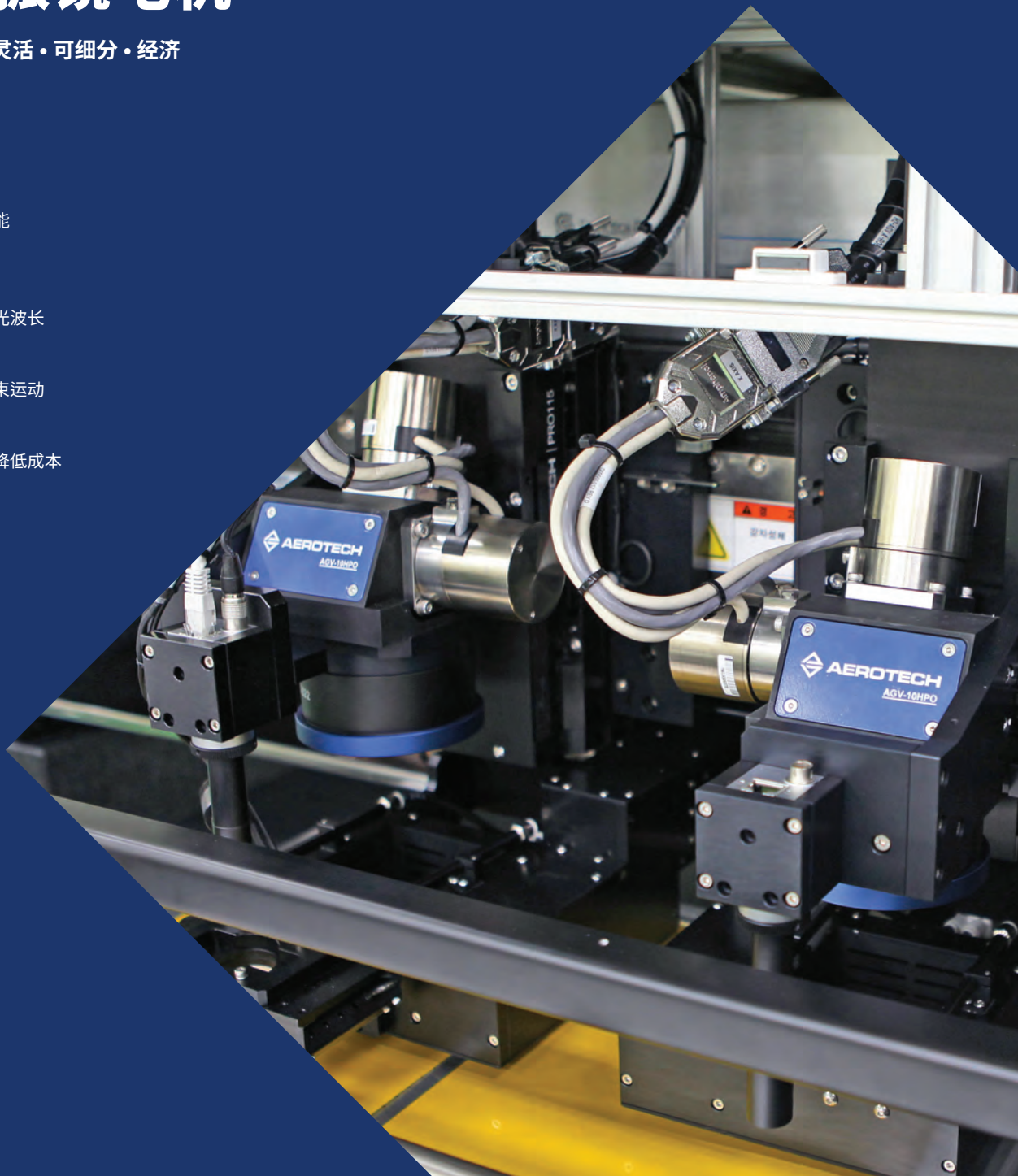
10到30mm孔，
兼容不同波段激光波长

易于集成

无布线干扰激光束运动

经济实惠

开放式框架设计降低成本



AEROTECH

www.aerotech.com • +86 (21) 5508 6731