

激光世界

LaserFocusWorld® *China*

**2019年度激光器市场
回顾与展望：
这一年发生了什么……**

8

激光切割实现卓越的玻
璃切割质量

22

高亮度LED瞄准新兴的
汽车照明应用

26

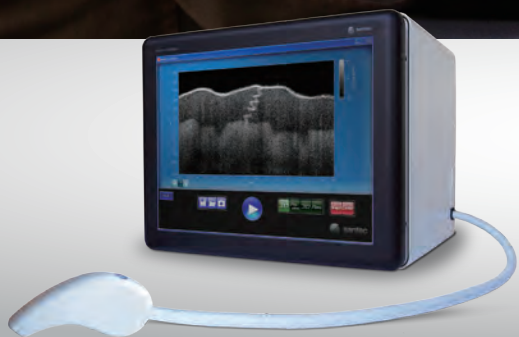
数值模拟助力设计基于
光纤的超快激光源

30



Think Precise

40 Years of Innovation



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 since 1979

info@santec.com
www.santec.com



扫频 OCT 系统



可调谐激光器

振镜及控制解决方案的世界领导者



3D打印应用

显示面板加工应用

太阳能划线应用

PCB软板硬板加工应用

新能源电池切割打孔应用

LASER World of **PHOTONICS** CHINA  展位号 W3.3610



CAMBRIDGE
TECHNOLOGY

A Novanta Company

www.CambridgeTechnology.com/zh | scanners@cambridgetechnology.com





8 市场风向标

2019年度激光器市场回顾与展望：这一年发生了什么……

在经历了经济大萧条以来9年的经济增长后，激光行业看到了宏观经济的普遍疲软，是不是行业经历“上升之后必然会下降”呢？

22 应用天地



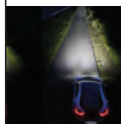
玻璃切割

激光切割实现卓越的玻璃切割质量

本文介绍了玻璃激光切割技术，包括CO₂和CO激光切割、激光烧蚀以及SmartCleave成丝切割，并探究在某些应用环境中，激光切割相较于传统机械切割的优势。

技术中心

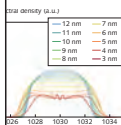
26 非激光光源



高亮度LED瞄准新兴的汽车照明应用

荧光粉转换LED的亮度现在接近2亿尼特，瞄准的应用不仅能以低成本提供密集照明，而且能够实现可传达信息的动态像素化照明。

30 超快激光器



数值模拟助力设计基于光纤的超快激光源

通过数值模拟设计基于光纤的超快激光源，可以实现具有经过验证的非线性效应承受能力的原型和产品设计。

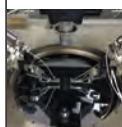
32 光学系统进展



硫系玻璃在红外光学材料领域露头角

有许多光学材料可用于设计红外光学元件；与传统光学材料相比，硫系玻璃BD6具有不少优势。

34 光子学产品



振动控制

六足位移台提供六轴精确定位

高精度、高准确度和高负载能力的六足位移台，可完成在装配中对准光学元件，模拟或隔离振动，以及许多其他任务。

38 商业论坛



开展与光子相关的业务是一项好生意

——访滨松公司总裁兼首席执行官Akira Hiruma先生

5 编者的话

6 前沿简讯

40 产品撷英

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



SPIE. PHOTONICS WEST

欢迎光临 贝林激光 展位：**2643**

红外
MAX
75W

绿光
MAX
40W

紫外
MAX
30W

「脉宽 < 15ps」

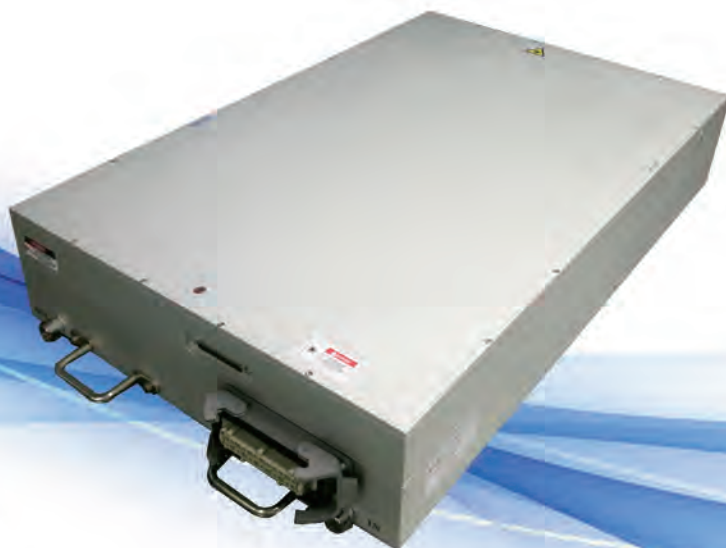
「DPSS固体皮秒激光器」

「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



敬请关注微信公众号

飞秒

红外 20W | 40W

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



8 MARKET WATCH

Annual Laser Market Review & Forecast 2019: What goes up ...

After enjoying nine years of growth since the Great Recession, the laser industry sees widespread macroeconomic softening, wondering if "what goes up must come down."

22 APPLICATIONS



Glass Cutting

Laser cutting achieving excellent glass cutting quality

This paper introduces glass laser cutting technologies, including CO₂ and CO laser cutting, laser ablation and Smart Cleave cutting, and explores the advantages of laser cutting over traditional mechanical cutting in some application areas.

TECHNOLOGIES CENTER

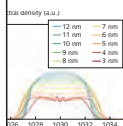
26 Non-laser Light Sources



High-luminance LEDs target emerging automotive lighting applications

Now approaching luminance of 200 million nits, phosphor-converted LEDs target applications that not only provide concentrated illumination at low cost, but also enable dynamic pixelated lighting that can convey information.

30 Ultrafast Lasers



Numerical simulation aids design of fiber-based ultrafast laser sources

The design of fiber-based ultrafast laser sources via numerical simulations leads to prototype and product designs with proven handling of nonlinear effects.

32 Advances in Optical Systems



Chalcogenide's place in the infrared optical materials spectrum

Many optical materials exist for designing IR optics; chalcogenide BD6 has some advantages when compared with legacy materials.

34 PHOTONICS PRODUCTS



Vibration Control

Hexapods provide precise positioning in six axes

Hexapods come in high-precision, high-accuracy, and high-load versions and serve to align optics for assembly, simulate or isolate vibration, and many other tasks.

38 BUSINESS FORUM



Photons are good business

—An interview with Akira Hiruma

5 EDITOR'S NOTES

6 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.

在动荡的环境中 修炼生存发展之道

由 我们的合作伙伴 Laser Focus World 杂志出版的《2019 年度全球激光器市场回顾与展望》再度出炉,本刊也同往年一样,如期而至地在年度第一期杂志中刊登了这份市场报告的部分精华内容 (p8)。

从大环境来看,经历了 2017 年市场超出常态的爆发式增长后,2018 年全球激光器市场回归到较为理性的一位数增长。尽管总体市场依然增长,但 2018 年却是动荡的一年,有经济长期增长后进入衰退周期的担忧,有苹果订单的缩减带来的大范围潜在负面影响,更有中美贸易战带来的各种惶惶不安的观望以及面对不明朗未来的那种不知如何是好。这种状态很可能会延伸到 2019 年,分析师对 2019 年全球激光器市场的预测,在谨慎中也多少流露中了关税问题、经济可能进入衰退期以及美国股市由牛转熊这些不确定的风险因素。

当然,无论 2019 年市场会发生什么,市场如何变化,作为想要更好地存活并发展下去的从业者,都得积极勇敢地去应对。

从过往十几年的发展历史来看,激光器市场虽然在 2009 年经历黑暗跌入谷底,但在随后不到两年的时间就开始反弹进入增长通道。这也表明,激光作为一种高科技技术,越是在高度发达的工业自动化时代和越来越智能的生活环境中,市场对它的需求潜力就越大。静下心来,思考一下接下来往哪里走,大概是企业领导者当下正在考虑的问题。

汽车市场是热点之一。新能源汽车的大范围普及以及自动驾驶车辆的发展,都是大势所趋。想象一下,未来在路上跑的每一辆汽车都具备自动驾驶功能,这个未来或许是十年八年,或许也就五年三年。这两个细分市场将在动力电池焊接和激光雷达领域带来巨大的市场机会。

另一个机会市场是激光医疗市场,包括用于皮肤治疗、牙科治疗以及各种外科手术中使用的激光器。医疗市场受经济因素的影响并不大,无论大环境如何,治病还都倾向于选择最先进的手段。相比之下,激光美容与宏观经济的联动性可能会更明显一些。分析师对 2019 年及以后的激光医疗市场给出了乐观的看涨预期。

其实无论市场景气还是低迷,总有需求存在,只是体量的不同。能在低迷的时候服务好小量需求,也是在为抓住市场回暖后的大量订单做准备。如何能让客户一直盯住你不放手?最基本的,帮助客户解决问题,甚至提供客户预期之外的额外价值,彼此建立非常愉快的共同成长式的伙伴关系。当然做好这些最基本的,首先得静下心来修炼自身的功力,至少力求在一个特定的细分领域做到领先甚至是极致,就不愁机会纷至沓来了。□

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 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-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 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子分子分部
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

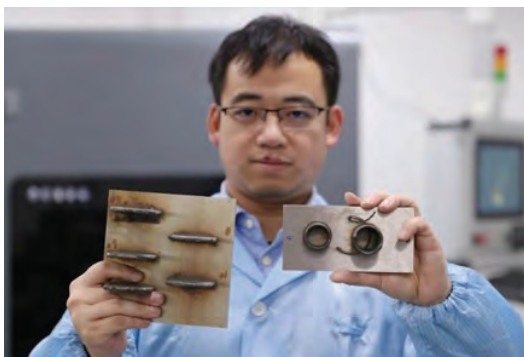
地址 Laser Focus World, 98 Spit Brook
Road, LL-1, Nashua, NH 03062-5737
电话 (1) 603-891-0123
网址 www.laserfocusworld.com

同轴送丝激光金属 3D 打印机在上海问世

上海产业技术研究院研制出国内首台具有实用价值的“同轴送丝激光金属 3D 打印机”，将为各种关键零部件的制造与再制造提供效率更高、成本更低的解决方案。

上海产研院 3D 打印研发平台主任周伟民介绍说，传统的送粉式激光金属 3D 打印技术以金属粉末为原材料，利用高压气体喷射到沉积位置，再利用激光照射熔化，最后凝固成形。这种技术在航空、航天、核电等领域得到了一定应用，但存在粉末利用率低、有粉尘污染等问题。

为此，上海产研院围绕激光熔覆 3D 打印技术展开攻关。经过近两年自主研发，一台同轴送丝激光金



属 3D 打印机最近问世。它通过一个激光熔覆头，将一束高功率实心激光转换为同轴环形激光，并聚焦在工件上；金属丝从环形激光的正中心同轴送入熔池，进行熔化沉积。这台装备的最大激光功率达 3kW，丝材直径为 1.0~1.6mm，使用 316L 不锈钢时的打印速度为 5~30g/min。它已成功打印

出一个直径 60mm、高 250mm 的圆环样件，由 600 多层堆积而成，表面粗糙度仅为 15 μ m。经测试评估，这台同轴送丝激光金属 3D 打印机达到了国际先进水平。

使用金属丝代替金属粉末具有很多优点。金属丝更便宜，利用率更高，也更容易保存，而且不会对周围区域产生污染。根据计划，上海产研院的 3D 打印研发平台将在今年年内具备关键零部件修复再制造能力；未来两年内，实现同轴送丝激光 3D 打印技术在修复再制造领域的产业化应用，为国内工业制造和再制造产业发展提供利器。目前，美国的再制造产值已达 500 亿美元/年，而我国仅为 5 亿美元/年左右。□

中科院半导体所研制出高性能半导体可饱和吸收镜

半导体可饱和吸收镜 (SESAM) 是锁模产生超短脉冲特别是皮秒脉冲的核心器件。这种器件一直是靠国外供应。

随着国内微细加工工业的发展，对超短脉冲特别是皮秒脉冲激光器的需求日益增加，对 SESAM 的需求也同步增加。国外的器件虽然可以满足一定要求，但有两个问题仍然没有解决：

(1) 损伤阈值较低，容易被打坏，需要经常变换位置；

(2) 质量不稳定，同样的型号，

买来不一定能稳定工作。

北京大学张志刚教授从 1996 年起从事 SESAM 的研究。最近几年与中科院半导体研究所马骁宇研究员合作，研制出用于光纤激光器锁模及微片激光器调 Q 的高调制深度 SESAM (调制深度 12%)，和用于固体激光器锁模的低调制深度 SESAM (调制深度 1%)。通过材料选择和应变补偿，使 SESAM 破坏阈值达 8mJ/cm² 以上。

以上 SESAM 已经提供给多家公司、研究所和高等院校试验。试验结

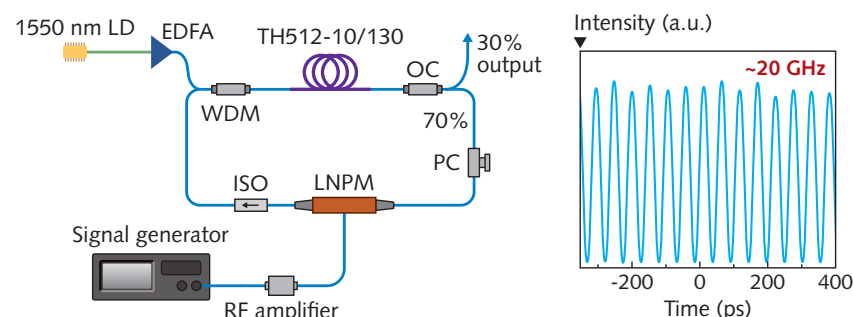
果表明，这些 SESAM 完全可以满足光纤激光器锁模、微片激光器调 Q 和固体激光器锁模的要求，在光纤激光器中输出的最短脉冲达 5ps，在微片调 Q 激光器输出的脉冲最短 35ps。并在破坏阈值和锁模稳定性方面优于国外产品。

国产高破坏阈值 SESAM 研制成功，解决了超短脉冲激光器的核心器件不能国产的问题，满足了科研和工业生产需求，将产生很大的社会效益和经济效益。□

超快铈光纤激光器的重复频率达到通信要求的 20GHz

南京大学的研究人员在 2017 年展示了一种被动锁模的、基于碳纳米管 (CNT) 的铈 / 钬 (Tm/Ho) 光纤激光器, 其具备 1860~2060nm 之间 200nm 的宽泛可调谐范围。现在, 南京大学又开发出了一种主动锁模的 2 μ m 超快光纤激光器, 其实现了接近 20GHz 的重复频率, 从而能够满足通信应用的要求。这比之前此类激光器能达到的 1.6GHz 的重复频率, 提高了一个数量级以上。

主动锁模是一种相对成熟的脉冲产生技术, 但需要稳定、微调的光电元件。为了实现这一技术, 激光器通过驱动一个锂 - 铌酸盐相位调制器进行锁模, 该调制器的射频 (RF) 信



号等于纵向模间距的整数倍, 从而实现从 14.6MHz~19GHz 之间的可调性, 并为后一个脉冲率提供 46dB 的超模抑制比。研究小组还在 2 μ m 处观察到有理数谐波锁模 (RHML), 并在 7GHz 射频调制频率下达到了 21GHz 的重复频率。

与被动模式锁定不同, 该光源可

以与外部时钟同步, 以获得更好的稳定性, 其行为类似于频率梳, 并具有达到 40GHz 重复频率的潜力, 波长可以进一步扩展到超过 2 μ m 的中红外区。□

参考文献: J. Qin et al., Opt. Express, 26, 20, 25769–25777 (2018)。

研究人员利用电场和紫外光执行计算逻辑操作

研究人员首次使用电场和紫外光对基于液晶的化学器件执行计算逻辑运算。该器件和开创性的方法开辟了研究的更多可能性, 包括低功耗、高性能计算机芯片。

来自东京大学化学与生物技术系的研究团队开发了一种器件, 该器件展示了对计算有用的功能。传统的计算机使用电荷来表示二进制数字 (1 和 0), 但该器件使用电场和紫外光; 与基于电荷的逻辑相比, 这种方法允许更低功率运行, 并产生更少的热量。

该器件与现有的半导体芯片也有很大不同, 因为它本质上是化学的, 正是这种特性使其在计算方面具有潜在的实用性。除了在功率和热量好处外, 该器件也

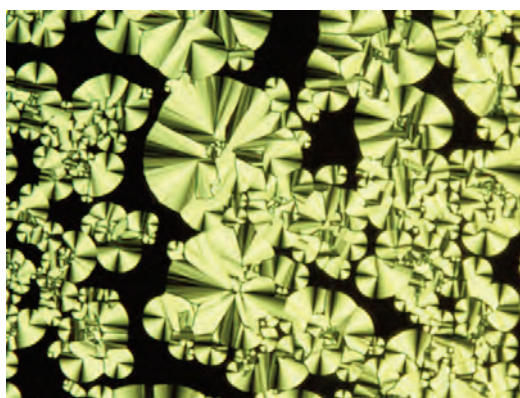
可以廉价且容易地制造。该器件具备圆盘和棒状分子, 在适当的条件下自组装成螺旋形楼梯状形状, 称为柱状液晶 (CLC)。

在逻辑运算开始之前, 研究人员将一个 CLC 样品夹在两个电极覆盖的玻璃板之间。被极化的光通过样品到达另一侧的探测器。在样本的默认

状态下, CLC 以随机定向状态存在, 允许光到达探测器。当电场或 UV 光单独接通、然后再关闭时, 检测到的输出保持不变。但是当电场和紫外光一起接通、然后大约在一秒钟后再关闭时, CLC 以阻挡探测器的方式排列。

如果亮和暗的“输出”状态以及电场和紫外光的“输入”状态, 都被指定为二进制数字以识别它们, 则该过程有效地执行所谓的逻辑 AND 功能——所有输入必须为“1”, 输出为“1”。

“AND 函数是几个基本逻辑函数之一, 但最重要的计算函数是 NOT-AND 或 NAND 函数。”研究人员介绍说, “这是进一步研究的几个领域之一, 我们还希望提高 CLC 的速度和密度, 使其更加实用。” □



2019 年度 激光器市场回顾与展望： 这一年发生了什么……

文/Gail Overton, Allen Noguee, David Belforte, John Wallace, Barbara Gefvert

在经历了经济大萧条以来9年的经济增长后，激光行业看到了宏观经济的普遍疲软，是不是行业经历“上升之后必然会下降”呢？

年的时间，到底会发生多大的改变呢！在我们 2018 年的年度激光市场回顾与展望中看到，^[1] 传感和激光雷达等消费电子应用的增长，推动了半导体和材料加工应用对激光器的需求，2017 年全球激光器的销售额达到 130.7 亿美元，比 2016 年增长了 21.6%。

我们确实认为 2017 年是比较反常的一年；随着资本设备支出的降温，预计 2018 年激光器销售额的增长将回到更加温和的状态，预计将比 2017 年增长 5.3%，达到 137.5 亿美元。但是谁能预测到 2019 年我们面临的动荡的宏观经济形势呢？近十年来，激光器制造商们首次开始担心，2019 年即使是“缓慢而稳定”的 5%~6% 的销售额增长，也很可能面临危险。

如果全球经济回到衰退状态，那么最近几年驱动激光器销售额增长的因素，也

将很容易地削减激光器的销售额。^[2] 尽管如此，激光行业会继续巩固以保持市场主导地位，或是创建新的垂直组织结构，以服务于经济动荡中的现有市场和不断变化的市场。

2018 年底，美国 Illumina 公司收购了竞争对手 Pacific Biosciences 公司，以保持其在 DNA 测序仪器领域的领先地位。II-VI 公司以 32 亿美元的价格收购了 Finisar 公司，^[3] II-VI 看重的是 Finisar 的 VCSEL 产品，该产品被用于苹果 iPhone 手机的 3D 传感应用中。

然而不幸的是，为像苹果这样的单一企业巨头供应大量激光器也增加了风险系数；2018 年底，一系列向下的预测，^[4] 导致苹果及其供应商^[5] 的股价纷纷受到影响，比如 Lumentum 公司就因为来自苹果公司的 3D 传感激光器订单的缩减，导致

其股价下跌了近29%。^[6]

除了为单一客户大量供货的风险外,更大的问题是关税。IPG Photonics 公司首席执行官 Valentin Gapontsev 在其 2018 年第三季度的初步财务报告^[7]中表示:“这些关税和与贸易相关的不利因素,是我们在中国和欧洲的业务表现弱于预期的主要原因。”2018 年第一季度和第二季度,IPG 分别创下了约 3.6 亿美元和 4.14 亿美元的季度收入纪录。第三季度,IPG 的订单出货比低于 1.0,该季度的销售额为 3.56 亿美元,^[8]较去年同期下降 9%。预计 2018 年第四季度的订单流将进一步疲软,Gapontsev 预计 2019 年第一季度,消费电子产品和金属焊接领域的订单将有所回升。“然而,”他也警告说,“受到全球宏观经济贸易和地域政治环境不确定性因素的影响,导致我们对当前衰退周期中低谷的可见性受到了限制。”

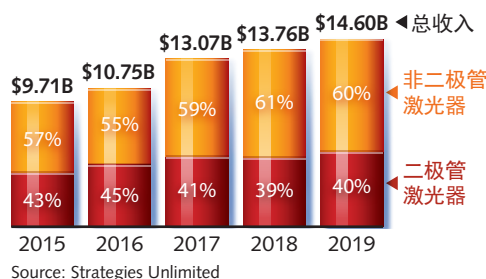
德国通快公司截至 2018 年第二季度的 2017/2018 财年(2018 年 6 月 30 日结束)的年度收入比上一财年增长 15.1%,达到创纪录的 41.3 亿美元。“即便如此,我们也正在密切关注全球经济的发展,”通快 CEO Nicola Leibinger-Kammüller 在该公司的 2017/2018 财年财务总结^[9]中说道。

“有越来越多的迹象表明,当前这一较长的经济复苏期会很快结束。我们希望为此做好准备。”她补充说。

通快激光技术业务 CEO Leibinger-Kammüller 认为:“对于 2019 年,能够危及当前积极趋势的风险依然存在。这包括对外贸易中的不确定性,特别是全面爆发的中美贸易战带来的威胁。英国脱欧以及当前的民族主义和保护主义趋势,也可能会对实体经济产生不良影响。”

由于收购罗芬和自身业绩增长,相干公司 2017 年的年度销售额增长了

全球激光器总收入和2019年预测



一倍,从 2016 年的 8.57 亿美元增长到 17.2 亿美元;在截至 2018 年 9 月 30 日的 2018 财年,相干公司业绩表现良好,实现了 19.03 亿美元的创纪录的销售额。^[10]然而,相干公司总裁兼首席执行官 John Ambroseo 预计其 2019 财年的销售额将下降 8%~12%,主要是因为上半年的需求疲软,特别是美国对中国制成品征收关税,在很大程度上影响了中国的需求。

另一家年度销售额超过 10 亿美

元的激光制造商大族激光,2017 年的销售额增长 66% 以上,达到 16.5 亿美元。^[11]但是 2018 年第三季度大族激光的销售额增长放缓至 5.4%,销售额为 5.09 亿美元。

自 2008/2009 年以来,全球经济开始缓慢复苏,尽管这个复苏阶段确实很长,但也很壮观。美国道琼斯工业平均指数(Dow Jones Industrial Average)^[12]在 2007 年 10 月达到超过 16800 点、到 2009 年 2 月减半至 8400 点左右;自此以来,该指数出现了前所未有的增长,自 2017 年底以来一直在 24000 点至 26000 点之间波动,该数值已经是经济大萧条期间其最低值的三倍多。英国富时 100 指数^[13]在 2009 年春季触底到约 3500 点,在 2018 年夏季回到近 8000 点的高峰。2009 年初,日经 225 指数^[14]仅为 7000 点,到 2018 年恢复到 22000 点至 24000 点之间,数值再次增长到原来的三倍多。

到 2018 年 8 月,美国股市已经实现了美国历史上时间最长的牛市运行,^[15]我们是否应该对此担心呢?由消费者驱动的激光器市场的下行预期,会继续打击股价吗?牛市之后必定是熊市吗?或者关于 2019 年的激光器销售额,我们是否应该接受牛顿在思考万有引力时所说的“上升的东西必须下降”?

当今的全球经济大环境不容忽

关于数据来源

关于文中激光器收入的评估和预测数据,均来自 Strategies Unlimited 公司激光市场研究总裁 Allen Nogee 给出的详细市场分析。Strategies Unlimited 是美国 PennWell 集团旗下的一家子公司,在从事光子学市场研究方面已经拥有超过 31 年的历史。这项“关于全球激光器市场”的研究报告,考虑了季度和长期历史趋势,并且每年都会对分析结果进行比较和调整,以纠正第四季度财务报告中已知的错误以及销售额的增加或减少。在 PennWell 与 SPIE Photonics West 联合举办的“激光器与光子学市场研讨会 Lasers & Photonics Marketplace Seminar (www.marketplacestationary.com)”上,Strategies Unlimited 每年都会针对这份报告进行演讲,并且会在 Strategies Unlimited 的网站上(<http://www.strategies-u.com>)提供完整的报告内容(Worldwide Market for Lasers: Market Review and Forecast)。

视。世界贸易组织 (WTO) 将其全球实际 GDP 增长率^[16] 从 2018 年的 3.1% 降至 2019 年的 2.9%。国际货币基金组织 (IMF) 将其 2018 年和 2019 年的全球经济增长预测^[17] 从 3.9% 下调至 3.7%，理由是北美自由贸易协定 (NAFTA) 和欧盟脱欧 (EU Brexit) 谈判的不确定性、投资和制造减少的迹象；阿根廷、墨西哥、巴西、伊朗和土耳其市场的疲软；以及美国与贸易伙伴之间的贸易关系紧张。

关税问题

统计数据显示，一般来说，美国总统执政的第一年^[18] 会反映出前一届政府的政策推行情况。在特朗普即将上任的时候，美国的情况大概是这样的：2016 年 1 月，在奥巴马总统的领导下，美国的失业率已经从 2007/2008 年的 10% 左右，稳步降低到 4.9%；^[19] 联邦赤字^[20] 从 2009 年的 1.413 万亿美元，逐年缩减到 2016 年的 5850 亿美元（但 2018 年已经增长至 8330 亿美元）；股市在经历了由于房地产危机和衍生品投机导致的灾难性下跌之后，稳固增长（在最近受挫之前）。

但是 2018 年，美国政府联邦赤字的增长^[21] 以及保护性关税，可能会破坏近十年来获得的经济收益。2018 年 2 月 5 日，道琼斯指数的单日最大跌幅（一度下跌近 1600 点后，收盘时下跌 1175 点）可能是一个警告信号。道琼斯指数在 2018 年 12 月 4 日再次下跌近 800 点 (3.1%)，随后在 2018 年底达到 26000 点后，在 12 月下旬继续下滑至 22000 点以下。我们都知道，美国经济危机影响了全球激光器市场：经济大萧条导致激光器销售额下跌 24.1%，而 2000 年的电信泡沫导致

激光器销售额下降了 36.1%^[22]——影响尤其严重，当然可以理解的是，在 2000 年，电信激光器销售额占据了激光器市场总量的 58%。

从历史上看，关税带来的影响是灾难性的。^[23] 美国总统胡佛在 1929 年股市暴跌后、于 1930 年实施的斯穆特 - 霍利保护主义关税，被普遍认为引发并延长了经济大萧条：关税扼杀了全球贸易，并最终更高的价格和失业伤害了消费者。与美国的策略形成鲜明对比的是，日本和欧盟在 2018 年夏天签署了一项几乎取消了所有关税的贸易协定。^[24]

关于美国最近对中国征收的关税，令全世界的激光和光电子公司都感到震惊。IPG Photonics 公司首席执行官 Valentin Gapontsev 在 2018 年 8 月初的《华盛顿邮报》中表示：“美国政府将会杀死美国的高科技公司。”^[25] 2018 年 9 月 17 日，电信行业协会 (TIA) 发布新闻称，“这些关税将影响广泛的通信设备，预计美国电信设备行业将遭受数亿美元的经济损失。”

2018 年 11 月 19 日，美国工业和安全局就可能严重影响光子学和激光工业的 14 项技术，发出了可能限制出口的呼吁，^[26] 这些技术中包括生物技术、人工智能 (AI)、量子信息和传感技术、增材制造和先进的监视技术。正是这些技术限制，导致 Zacks Equity Research 公司预测，激光系统和组件行业的增长前景暗淡。^[27]

甚至钢铁和铝的关税也在损害着激光器制造商的利益。自行车装备商 Kent International 公司已经停止雇用和设备购买。^[28] Kent 首席执行官 Arnold Kamler 在 2018 年年中表示：“我们最初的想法是先进行焊接工作，

然后最终购买自动折弯和激光切割设备，但现在要暂缓计划的执行了。”

那么，谁会从关税中获益呢？有人说中国激光器制造商，如大族激光和武汉锐科，在 2018 年的前 9 个月，武汉锐科的总收入增长了 66%，达到 1.56 亿美元。^[29] 有文章分析说，^[30] 随着关税的落实，中国公司将会更加理所当然地与中国本土的光纤激光器供应商合作，特别是在产品性能相当或者至少是足够接近的情况下。这实际上是让 IPG Photonics 等公司损失了市场机会。

中国新常态

国际货币基金组织^[31] 将中国 2018 年的国内生产总值 (GDP) 增长定为 6.6%，中国的 GDP 增长已经从 2008/2009 年经济大衰退前的两位数缓慢下降到 2017 年的 6.9%。相比之下，2017 年美国、英国、法国和德国的 GDP 增长分别为 2.2%、1.7%、2.3% 和 2.5%；很明显，尽管增长放缓，但中国仍然是激光器制造商的一个非常重要的市场。

“中国正在从钢铁和混凝土经济向消费和先进制造业驱动型的经济转型。尽管中国的 GDP 年增长率已经放缓至 7% 以下，但实际上，中国光子学行业的增长率可能会更高。” BOS Photonics 公司创始人顾波说，他同时也是一位独立的咨询顾问，为在中国和亚洲开展业务的光子学公司提供咨询服务。顾波认为，美中两国都在努力避免贸易战，并可能达成一些短期协议，以缓解全球的焦虑。“然而，”他补充说，“在一些基本问题得到解决之前，双方很难达成长期协议。”

顾波提醒说，“不幸的是，大幅降价可能会使 2019 年的激光市场出现

一位数增长。这种价格竞争可能在短期内对最终用户是有利的，但是这意味着激光行业并没有获得应有的利润，特别是在中国市场。从长远来看，这对谁而言都不是一种健康状态。”

无所畏惧

不管 2019 年会发生什么，重要的是要记住：即使经济大萧条导致 2008 年至 2009 年的激光器销售额大幅下跌了 24.1%，对当时提出的问题，我们给出的答案是：“谷底有多深？”^[32] 在随后不到两年的时间，也就是到 2010 年，激光器市场的销售额几乎就恢复到了 2008 年的水平。^[33]

尽管过去 20 年经济低迷，但是一些驱动激光器销售增长的消费需求从未减少。根据尼尔森互联网带宽定律，^[34] 从 1983 年到 2018 年，用户互联网连接速度每年增长 50%。对于支持汽车自动驾驶的激光雷达，^[35] 全球汽车的销量，^[36] 已经从 1990 年到 1999 年这 9 年期间的大约 4000 万辆，以指数级增长至仅 2018 年这一年的大约 8000 万辆。对于可持续技术的倡导者来说，“电动汽车的发展，将推动与电池和马达生产中的导电材料相关的应用；缺少熟练的手工焊工，将推动对基于激光的自动化解决方案的需求。” 相干公司材料加工战略营销总监 Geoff Shannon 说，“仅在美国，到 2020 年，预计将有大约 40 万名的手工焊工缺口，这代表着巨大的增长潜力。”

在本世纪初的电信泡沫中幸存下来的激光公司进行了自我重塑，投资于研发，并从服务单一的电信市场转型为为不断增长的市场提供各种激光产品。因此，即使另一场经济衰退真的来临、并且对工业激光器销售额产生重大影响，其他激光器市场也将涌现并繁荣发展。

虽然医疗行业并非完全不受经济衰退的影响，但是随着 2019 年的到来，我们在医用激光器市场中尚未看到任何放缓的迹象。德勤预计，2017-2021 年间，全球医疗支出^[37] 将以 4.1% 的年增长率增长，这主要是受到人口老龄化、人口增长、发展中



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。

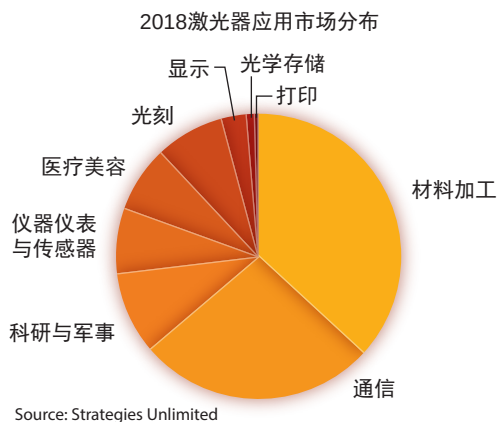
LASER WoP China 2019
Shanghai
Hall W2
Booth #2440

市场的扩张、医疗进步以及劳动力成本增加的驱动。同样，IHS Markit 公司在对中东和东欧地区政治不稳定性的报道中指出，全球军事支出^[38]将连续第五年增长，到 2018 年将达到 1.67 万亿美元。

2019 年，尽管有明显迹象表明，过去十年的全球增长可能无法持续，但我们预测，全球激光器市场将实现 6.11% 的增长率，达到 146 亿美元；这主要是由于医疗、军事和某些特定行业依然使激光行业保持了积极的增长势头。我们只能希望关税能够逆转，股市不会崩塌，对即将到来的经济衰退的担忧都是“假新闻”。

激光器细分市场

2018 年，材料加工和光刻市场继续主导着激光器销售额，通信和数据存储市场紧随其后，随后是仪器仪表、医疗和显示市场。不幸的是，材料加工继续受到来自关税和宏观经济挑战的外部威胁；但是通信市场的需求则随着市场对带宽的持续需求而激增。



材料加工与光刻市场

最近几年，我们不记得从什么时候开始，在领先的工业激光器制造商的高管层的评论中，“逆风”一词被广泛使用。在许多公司的财务报告中（这些公司的激光器收入占据了整个激光器市场的 80% 左右），这一点以及上述提到的关税问题，是大家主要关注的问题。显而易见但并未声明的结论是，工业激光器市场的动荡，导致 2018 年（2017 年是增长旺盛的一个好年份）全球激光器市场适度增长，预计 2019 年也是温和增长。即便如此，对于工业激光器的销售而言，2018 年也是创纪录的一年，销售额突破了 50 亿美元。

当然我们要承认，2017年是工业激光器收入大好的

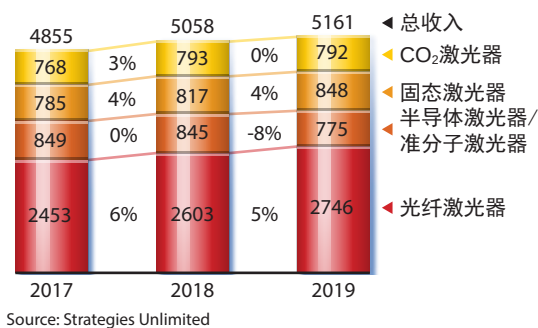
一年，因此，无论 2018 年的预测结果如何，都很难达到 2017 年的增长水平。

我们还知道，世界经济正面临着多种可能性——许多关键的市场驱动型经济体数月来一直表现强劲，这些经济体早就该进入调整期了。2017 年末，我们从全球制造业的各个部分都听到了同样不确定性的声音，即汽车、半导体、农场和重型设备行业的制造商可能出现微弱增长或平增长。考虑到 2017 年是强劲增长的一年，适度的收缩是可以接受的，因此 Industrial Laser Solutions (ILS) 将 2018 年工业激光器收入的增长预期调整为一位数增长。

2017年第四季度的超常增长（超过指导数字）和2018年第一季度的强劲增长，促使主流工业激光器公司对其2018年在全球市场的健康发展表达了非常积极的观点。然而，随着这一年的发展，关键的中国市场（贡献了所有工业激光器销售额的1/3）出现动荡，因为中国收紧了放贷政策，同时战略性光纤激光器市场（如金属板材切割领域爆发了价格战）的产能过剩，以及美国总统威胁并随后实施的关税政策变化，众多因素综合到一起，导致切割和焊接激光器的销售放缓。

这些影响加剧了人们的担忧，最直接的影响是，四大激光器制造商中，有两家分别在 2018 年第三季度和第四季度下调了预期。其结果是 2018 年实现了较低的一位数增长，这也与 ILS 2017 年末的预测相吻合。

各类工业激光器总收入 (\$M)



上面的柱形图显示了 ILS 修订后的 2017 年的工业激光器总收入，以及我们对 2018 年总收入的估计和对 2019 年总收入的预测。我们预计 2018 年工业激光器总收入将增长 4% 左右，用于金属切割的大功率光纤激光器的销售额将再次贡献主要力量，大约增长 4%。欧洲和中国新兴的精细金属加工应用的强劲增长和非金属加工的增长（由飞机和汽车工业向复合材料的转变所带动），并不足以抵

消半导体 / 显示行业资本投资的减少以及目前增材制造业的产能过剩,这使得激光微加工市场的增长率略高于 5%。

在宏观加工领域,尽管由于大型机械供应商之间的价格战导致中国的低功率市场出现动荡,但是金属板材切割市场仍然增长了近 4%。由于汽车市场、特别是电动汽车电池应用等关键行业的报价并未转化为销售,预计焊接市场的增长仍保持在 4%。

简单地说,由于上述原因(加上全球制造商的资本投资收紧),工业激光器销售的速度放缓。2018 年工业激光器市场的规模约为 50 亿美元,较 2017 年的 49 亿美元微弱增长 2%。

对于 2019 年,ILS 预计工业激光器总体上将呈现出一位数增长,宏观加工领域的高功率激光器应用,以及打标应用的温和增长,将抵消由于预计的面板加工规模缩减而导致的微观市场的平增长。虽然读者可能会对 2% 的低收入增长预期有些不屑,但是在一个增长缓慢的市场年度中,1 亿美元的收入增加也是不容忽略的。除此之外,随着紫外激光器的新应用提振了增材制造市场,以及超短脉

冲(USP)激光加工市场的扩大,我们看到了一个在有节奏增长的市场。

在光刻光源领域,我们预计 2018 年的销售额将达到 11.04 亿美元,预计 2019 年将合理增长至 12.37 亿美元(深紫外 DUV 和极紫外 EUV 的销售额大约分别占 49% 和 51%)。但是,尽管半导体资本设备销售额在 2018 年增长了 9.7%,^[39] 达到创纪录的 621 亿美元,SEMI 预计 2019 年的销售额将下降 4.0%,2020 年将恢复增长,并在 2018 年上半年将 Fab 设备总支出下调 13%,^[40] 理由是“贸易紧张”。

半导体光刻光源的主要供应商日本 Gigaphoton 株式会社估计,截至 2018 年 5 月,其在中国的市场份额为 70%,^[41] 并透露,其 2015 年和 2016 年用于平板退火和半导体光刻的光源销售额,^[42] 平均每年约为 9000 万美元。展望未来并考虑到 2018 年的增长情况,Gigaphoton 在 2018 年 4 月至 9 月这 6 个月期间的销售额为 200 亿日元(或 1.8 亿美元)。^[43] 同样,Cymer 的母公司 ASML 表示,该公司在 2018 年交付了 18 套 EUV 系统,^[44] 预计在 2019

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

EO Edmund
optics | china

欲了解更多信息, 请点击此处:

www.edmundoptics.cn/118-8615

材料加工与光刻市场

包括用于所有类型的金属加工（焊接、切割、退火、钻孔）的激光器、用于半导体和微电子制造（光刻、划线、缺陷修复、钻通孔）的激光器、用于所有材料打标激光器，以及用于其他材料加工（如切割与焊接、快速成型和微加工）的激光器。也包括用于光刻的激光器。

虽然 2017 年是材料加工激光器市场惊人增长的一年，但理性告诉我们，这种大幅增长是不可持续的。2018 年，这一市场的收入依然保持强劲，但也出现了几个不可忽视的负面影响。

第一，作为材料加工激光器的最大消费市场，中国的经济增长继续放缓。第二，欧洲经济四面楚歌。欧洲央行估计，欧元区 2018 年的增长率将从 2017 年的 2.5% 降至 2%。2017 年欧洲的增长速度超过了美国，但是现在已经落后于美国。第三，特朗普总统对中国、欧洲和其他一些国家实施的关税政策。作为回应，这些国家正在对美国制定其各自的关税政策，涉及的产品中包括激光器和其他光学组件。虽然关税问题直接导致了激光器收入出现一些放缓，但可能更大的影响是“它们对抑制未来增长预期、推迟或消除未来激光器采购以及其他资本扩张所带来的潜在伤害。所有因素综合到一起，2018 年是材料加工市场温和增长的一年。对于光刻和半导体制造应用，2018 年是 EUV 光刻系统最终出货的一年。然而，EUV 的技术挑战依然存在，英特尔已经宣布将 EUV 技术的商用推迟到了 2021 年。对于 DUV 准分子激光器而言，总体来看，2018 年是强劲增长的一年。



年交付 30 套。我们认为 2019 年光刻激光源市场的健康增长，将确保材料加工和光刻市场的整体增长。

通信与光存储市场

不管全球经济如何波动，在可预见的未来，电信市场对激光器的需求始终存在。“全球互联网流量将在未来 3 年内翻一番，从 2017 年的每月约 100 艾字节 (Exabytes, EB) 增加到 2020 年的每月约 200EB，”电信专家 Michael Lebbey 在 2017 年底接受 PhotonDelta 的编辑 Jonathan Marks 的采访时说。^[45]“将上述数字乘以 12，我们就进入了 ‘Zetta-byte’ 时代，接下来距离 ‘Yotta-bytes’ 也并不遥远了。” Lebbey 补充道。

去年，我们预测 2017 年下半年和 2018 年，通信激光器市场将呈下

降趋势，因为在 2019 年 5G 基础设施投资开始之前，4G 设备建设会出现一个暂停期。制造商还指出，预计 2019 年数据中心对高速收发器的激增需求，也会冲淡中国市场的疲软表现。

事实上，美国英飞朗公司 (Infinera) 2018 年第三季度的财务状况（截至 9 月 30 日的三个月期间）与此预测一致：2018 年第三季度 Infinera 的收入为 2.004 亿美元，略低于 2018 年第二季度的 2.082 亿美元。尽管 Oclaro（在 2018 年初被 Lumentum 以 18 亿美元收购）第三季度的收入为 1.317 亿美元（高于第二季度的 1.209 亿美元），但较 2017 年同期的 1.556 亿美元却大幅下降。

然而也有一些例外：Finisar（于 2018 年底被 II-VI Incorporated 公司收购，其在电信和 3D 传感应用的波

长选择开关 (WSS) 和 VCSEL 产品方面独具优势）公司报告称，其截至 2018 年 10 月 28 日的三个月期间的收入为 3.254 亿美元，比上一季度增长了 2.5%。我们在去年的市场回顾和预测中报告的 VCSEL 销量的激增，^[46]将继续推动 Finisar 的成功。

除了 4G 建设暂停和中国采购的疲软，中国电信巨头中兴通讯在 2018 年 4 月因为与伊朗和朝鲜相关的问题，而被禁止购买美国的电信产品。Oclaro 将其 2018 年第三季度的收入增长，归因于 2018 年 7 月中兴通讯的禁购令被解除后^[47]“对中兴通讯出货量的恢复”。虽然这是一项制裁中兴通讯的禁令，但是其对美国公司造成的伤害和中兴通讯一样大。这项禁令本身就是一个模型，能很好地说明关税问题将对光通信行业产生怎样的负面影响。

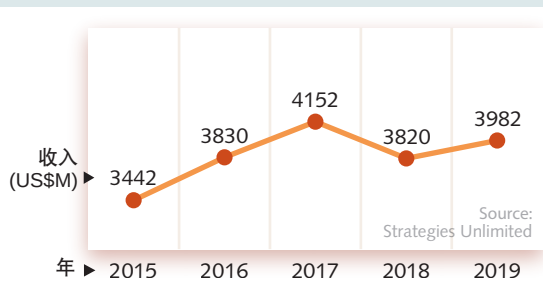
美国联邦通信委员会 (FCC) 委员 Jessica Rosenworcel 在一次电信行业的活动中^[48]向与会者表示，新的关税标准将“严重损害”美国 5G 无线网络的推广。康宁公司、^[49]Ciena 公司^[50]和 L-COM 公司^[51]的技术专家都认为，5G 网络将需要大量光纤，因此，如果继续征收关税，大量激光收发器和通信激光器的销售将会受到影响。

在光存储领域，基于云的解决方案继续超过使用光存储激光器的 CD、DVD 和蓝光设备。到 2017 年初，在英国，16.6 亿美元的数字视频（电影、电视流媒体和下载）收入已经超过了 11.4 亿美元的 DVD 和蓝光设备的销售额。^[52]2018 年第一季度，美国客户支付了近 30 亿美元的流媒体订阅服务费（增长 29%），而在物理磁盘方面支出的费用仅为 11 亿美元（比上

通信与光存储市场

包括用于电信、数据通信和光存储应用的所有激光二极管，也包括用于光放大器的泵浦二极管。

2018 年，通信激光器收入下降，部分源于需求下降，部分源于价格下降。预计 2019 年情况会有所改善。从本质上来看，通信激光器的收入有一定的周期性，往往在一定时期内，全球范围内会出现大规模的新部署。2018 年增长放缓的原因是中国经济的放缓，导致对通信基础设施的投资减少。关于蜂窝主干网对激光器的使用，全球大多数 4G 部署都已经完成，而 5G 部署和升级尚未开始。此外，许多无线服务供应商在 4G 升级时就准备了 5G 需求，从而减少了 5G 最终实现时所需的升级。至于光存储市场，未来对激光器的需求依然暗淡：随着更多基于云的解决方案消除了对大型本地存储的需求，DVD、CD 和蓝光设备的销售继续下滑。热辅助磁记录（HAMR，利用激光器增加磁介质的存储容量）产品的推出又一次延迟：希捷 16TB 3.5 寸 HAMR 硬盘有望在 2020 年上市。西部数据已经转向了微波辅助磁记录（MAMR）技术，其完全不需要激光器。



Quantum 公司于 2018 年被医疗和先进制造光学产品公司 Novanta 收购，^[61] 这说明了科学激光器背后的技术在光谱学、计量学和化学传感领域的商业应用价值。

大量使用高端激光器的测试和其他应用，明显对那些在科研领域拥有强大激光器阵容的公司感兴趣，比如相干公司、光谱物理（万机仪器旗下的一个品牌）、Toptica Photonics、Amplitude Laser Group（包括 Amplitude Systèmes 和 Continuum）等公司。

TOPTICA Photonics 公司联合创始人兼总裁 Wilhelm Kaenders 说：“我预测，所有形状和所有形式的 3D 传感将成为使用脉冲或宽范围快速调谐激光器的领域中最热门的话题。最终，出于成本原因，这些设备会基于半导体激光器，特别是用于消费和汽车领域的产品。但是还有许多其他小规模市场（约几千台的规模），这些应用要求在时间和空间分辨率上做得更好，这也将继续促进激光技术的发展。对于 TOPTICA Photonics 而言，使用基于激光的太赫兹源进行无损检测是巨大优势，我们希望在测试塑料或碳纤维材料领域看到增长，同时也希望在线生产过程中也看到应用的增长。”

几年前，美国导弹防御局的机载激光计划“自上而下”尝试了兆瓦级军事激光技术，并导致该项目失败。^[62] 目前大功率军事激光器的主要应用利用了成熟的工业激光技术，看起来更有希望（尽管限制在几十万瓦级的较低最大输出功率）。

美国海军已经要求 Lockheed Martin Laser 公司和 Sensor Systems 公司开发一种 65kW 的激光武器，该

年下降 10%)。

总的来说，这些负面因素的综合，使得通信和光存储用激光器的销售额在 2018 年下降到 38.2 亿美元，而在 2017 年是增长到了 41.5 亿美元的峰值。2019 年，我们预计这部分市场将温和复苏至 39.8 亿美元，但前提是假设这些因素的影响得到缓解、全面的贸易战不会爆发、量子通信^[53]等新机遇将进一步商业化。在这一细分市场，考虑到 Finisar 和 oclaro 均是被高价收购的，^[54] 预计光通信组件领域的整合将会继续。

科研与军事市场

用于科学研究的激光器背后的技术，包括技术上最先进的相干光源，如几个周期的超快激光器、光学参量振荡器和放大器（OPO 和 OPA）、超连续谱源以及频率梳等，通常都是工业中使用的激光器的原型。科学激光器公司的未来方向，至少部分来自学

术界和其他研究机构，它们也是商业初创公司的沃土。

德国弗劳恩霍夫研究所应用光学和精密工程总监 Andreas Tünnermann 预测，2019 年，“随着有源光纤和相干合束等技术开辟出新的波长范围，以及在连续和脉冲操作模式下能够进一步提高输出功率、同时还能提供卓越的光束质量和极高的效率，光纤激光器将会继续提升其市场份额。特别令人感兴趣的是基于光纤激光器的发射波长在极紫外（EUV）和太赫兹区域的二次光源，它们从根本上开辟出了新的应用领域。”

光学频率梳用于各种科学研究领域，包括光谱学、^[55] 量子密码学^[56] 和精确计时^[57] 等。虽然这些项目中的许多频率梳发生器都是定制的，但可商用的产品正变得越来越多，例如来自 TOPTICA Photonics、Alpes Lasers、^[58] Menlo Systems^[59] 和 Laser Quantum^[60] 等公司的产品。Laser

科研与军事市场

包括用于基础研究和开发的激光器，用户为大学和国家实验室，以及用于新型和现有军事应用（如测距仪、照明器、红外对抗和定向能武器研究）的激光器。

2018 年科研激光器支出略有增长。美国科研激光器支出小幅增加，中国在科研激光器方面的支出依然保持在过去几年的高位水平（占全球总量的 43%，并且还在不断增长），而欧洲尽管经济放缓，但科研激光器支出仍与上年持平。2018 年，军用激光器收入表现出色。在过去几年的一些成功试验之后，美国和其他一些国家正在制定更多的定向能激光武器计划。这些武器并不是像以前希望的那样用来摧毁洲际弹道导弹，而是用来防御无人机和其他小型快速移动的目标。



激光武器被称为“高能激光和集成光学眩目监视系统 (HELIOS)”，^[63] 其功率可能增加到 150kW；美国陆军正在新墨西哥州的白沙导弹靶场测试一辆 50kW 的高能移动激光测试车 (HELMITT)，^[64] 并计划于 2022 年升级到 100kW；美国空军正在与 Ball Aerospace 的飞机上安装的激光武器合作，以禁用或摧毁敌机导弹。^[65] 基于二极管泵浦固态 (DPSS) 激光器技术或光纤激光器技术，并辅以光束组合^[66] 等技术，这类军事武器在未来会变得更加突出。对于激光行业的好处包括生产泵浦这些武器所需要的激光二极管。^[67]

许多特定的军事需求继续惠及激光行业，例如用于红外 (IR) 对抗的激光器，包括进一步研发更高亮度的解决方案^[68] 以及激光制导导弹。^[69] 展望未来，美国军方将促进激光雷达的需求，应用领域从空中基础设施检查^[70] 到检测生物和化学制剂。^[71] 激光雷达也非常适用于军事领域的遥感和环境传感应用。

两家最大的与激光相关的航空航天公司，在 2017/2016 年收获了类似的业绩水平：Lockheed Martin^[72] 2017

年的净利润为 19 亿美元，而 2016 年为 38 亿美元，但应该注意的是，由于受到 2017 年 12 月美国通过的《减税和就业法案》的影响，该公司在 2017 年第四季度一次性亏损了 19 亿美元；另一家巨头 Northrop Grumman^[73] 2017 年的净利润为 20.15 亿美元，低于其 2016 年的 22 亿美元，也是因为《减税和就业法案》使其遭受了一次性损失，其中包括 3 亿美元的税收支出。

正在为军方开发高能激光系统的 II-VI 公司，^[74] 2018 年的总收入为 11.59 亿美元，2017 年为 9.72 亿美元（财年结束日为 6 月 30 日）。于 2018 年 4 月首次公开募股 (IPO) 的 nLight 公司，^[75] 在截至 2018 年 9 月 30 日的三个月中，总收入为 5102.5 万美元，而 2017 年同期的总收入为 3654.7 万美元，增长幅度近 40%，这主要是因为其激光器产品赢得了工业、航空航天和军事客户的信赖。

美国总统特朗普在 2018 年 12 月宣布，美国将从叙利亚撤军，从阿富汗撤军 7000 人，这可能对明年的军事激光器市场产生一定的影响。然而，美国、俄罗斯和中国之间的军事技术

竞赛才是重点。中国和俄罗斯均有发展高超音速导弹的计划，^[76] 这是否会推动激光反导弹武器的发展呢？中国正在开发一种基于空间的激光雷达，^[77] 其目的是跟踪潜艇，美国又将对此作出如何反应呢？

科研与军事市场的激光器总收入，从 2017 年的 9.22 亿美元增长到了 2018 年的 12.79 亿美元，预计 2019 年将温和增长到 13.31 亿美元。

医疗与美容市场

2018 年，用于医疗应用的激光器销售继续呈上升趋势，美容和皮肤科应用在该领域处于主导地位。激光组件和解决方案供应商 Lasertel 公司在 2018 年 3 月发布的美容激光器市场预测报告中表示，^[78] 这一领域的增长在很大程度上是由小型节能的二极管激光器替代气体激光器所推动的。但 Lasertel 的报告也指出，与消费者对激光皮肤治疗（如去除纹身、祛皱、脱毛、除疤和皮肤提亮）的需求相比，由技术进步和治疗成本降低而引发的增长则有些微不足道了。

亚洲可以说是激光美容应用的前沿阵地，2017 年亚洲激光美容市场比 2016 年增长了 20%。在欧洲、中东和非洲部分地区（以前没有接受美容的地区），激光美容市场增长了 16%。

这种增长吸引了投资者的兴趣，2018 年的多次收购也证明了这一点。2018 年 9 月，Syneron Candela 公司收购了丹麦 Ellipse 公司（未披露财务条款），后者是一家私人控股公司，以强脉冲光 (IPL) 和用于医疗和皮肤美容的激光治疗平台而闻名业内。这项收购增强了 Syneron Candela 在多应用、多技术设备方面的实力。IPL-and-Nd:YAG 平台是 Ellipse 的

旗舰产品，主要针对血管和色素病变、脱毛和紧致焕肤（使用一个额外的 1550nm 手具）应用。提供面向多种特定应用的系统，是产品开发的一个趋势——不仅在美容激光领域是这样，外科用激光器也是如此。

2018 年 11 月，私募股权公司 CVC Capital Partners 基本完成对以色列医疗与美容激光公司 Lumenis 的收购。^[79] 该项交易的价值约为 9.5 亿美元，而另一家私募股权公司 XIO 在 2015 年的时候为该公司支付了约 5.1 亿美元。2014 财年，Lumenis 作为一家上市公司最后一次公布了其年度收入为 2.89 亿美元。据报道，该公司目前的年销售额约为 5 亿美元，这意味着它进入了新的医疗市场。

激光美容市场的发展也得益于

美国食品药品监督管理局（FDA）的一系列扩大皮肤科应用的批准：以色列 Alma Lasers 公司的紧凑型三波长治疗仪获得批准；Syneron Candela 的 595nm 脉冲染料激光（PDL）美容设备获得批准，该设备还增加了 1064nm 波长，用于治疗广泛的皮肤问题；韩国 Lutronic 公司的能提供皮秒和纳秒模式、可精确控制脉冲宽度、波长和剂量的设备获批，该设备主要针对那些对其他 Nd:YAG 治疗抵触的病例；Strata Skin Sciences 公司 2018 年第三季度的收入为 790 万美元（比 2017 年同期增长 8%），该公司的准分子激光头获得批准，该准分子激光头能为最大无起泡剂量定制窄带紫外（UVB）滤光器；韩国 Hironic 公司的混合痤疮治疗设备获得批准，该设备

将 1450nm 二极管激光器与双极射频和低温冷却一起使用。

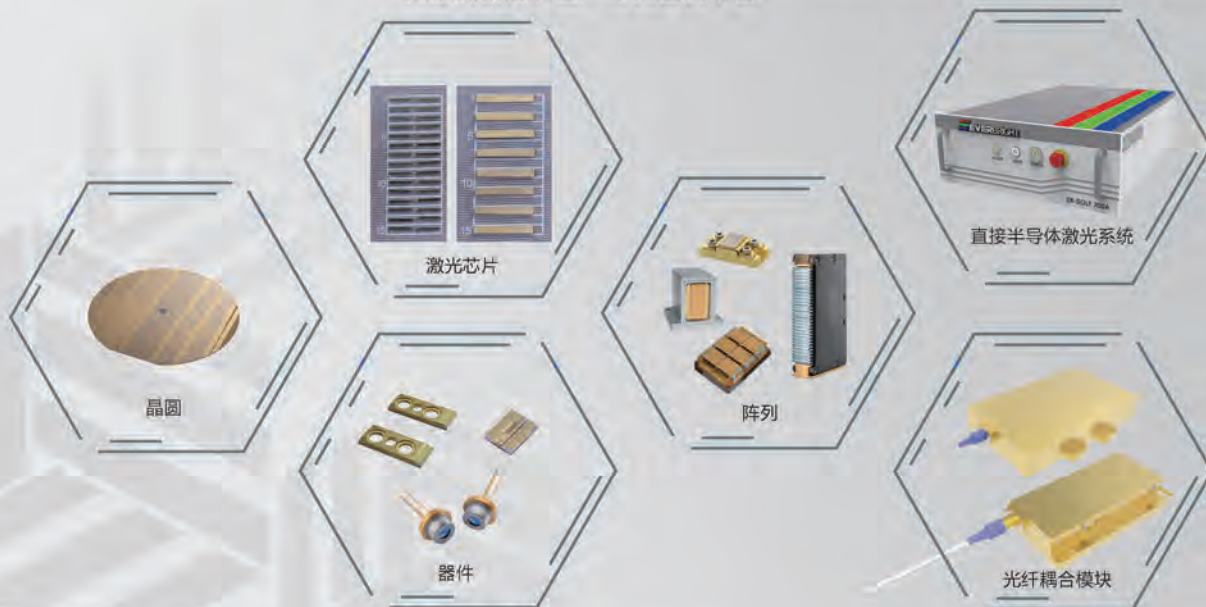
2018 年，很多头发修复产品也获得了 FDA 的批准，包括 Theradome 公司的 LH80 PRO（现批准用于男性）、HairMax 公司的 RegrowMD（用于治疗男性和女性雄激素性脱发），以及 Inmode 公司的 Triton（能从三个最常用的脱毛激光器——紫翠玉激光器、激光二极管和 Nd:YAG 激光器同时发射）。

但是 FDA 对激光美容市场的影响并不全是彩虹和阳光。2018 年 7 月 30 日，FDA 发布了一份关于其批准用于治疗“严重情况，如破坏异常或癌前子宫颈或阴道组织……”的系统的警告，称“FDA 严重关切使用这些设备在治疗妇科疾病方面的情况”。



中国激光芯，光耀美好生活

长光华芯拥有外延设计与生长、芯片制备、封装、光纤耦合模块、激光系统等完整的研发、量产垂直工艺平台



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

2019年3月20-22日
上海新国际博览中心 W2 2620
上海市浦东新区龙阳路 2345 号
慕尼黑上海光博会

LASER PHOTONICS CHINA

医疗和美容市场

包括用于眼科（包含屈光手术和光凝治疗）、外科手术、牙科、治疗、皮肤科、脱毛和其他美容应用的激光器。

在经历了 2017 年的强劲增长之后，2018 年医疗用激光器的销售又经历了丰收的一年。美容和皮肤科激光器的表现最为强劲，这是由于大多数地区，特别是亚洲的经济状况良好所驱动。

主要应用包括纹身、祛皱、脱毛、疤痕去除、亮肤。2018 年牙科激光器的销售也大幅增长，但就总收入而言，牙科仍然是一个相对较小的医疗应用——仅占医疗激光器总收入的 6%。在经历了 2017 年的

巨大增长后，2018 年外科用激光器收入表现良好。外科激光器业务中最令人兴奋的部分是其用途的扩大：使用激光进行一种手术的外科医生，可能也希望尝试使用激光进行其他类型的手术，从而提高了外科医生为手术购买激光器的可能性。此外，使用激光和一次性激光探头，减少了在患者之间携带细菌的可能性，通常不需要消毒。



FDA 正密切关注用于“阴道再生”治疗的产品使用情况，并给出了不良事件报告和出版的文献，其中有许多烧伤、疤痕和复发或慢性疼痛的病例。

FDA 通知了七家设备制造商（Alma Lasers、BTL Industries、Cynosure、InMode、Sciton、Thermigen 和 Venus Concept）要注意不当营销。制造商和这类服务供应商反应迅速，甚至全国公共电台也参与其中，^[80] 说妇科医生特别报告了通过 CO₂ 激光器获得了良好的治疗效果。

FDA 也向激光生物医疗系统制造商发出了警告。2018 年 4 月，继 Medtronic 公司二级召回其用于 MRI 引导激光脑手术的可视化酶冷却激光治疗系统（VCLAS）之后，FDA 要求 Monteris Medical 公司一级召回（最严重的类型）其 MRI 引导的消融系统 NeuroBlate，原因是激光治疗探头的意外发热。不久之后，FDA 针对在使用此类系统时，由于不准确的磁共振测温而导致组织过热的风险，发布了一项警告。为了解决这个问题，

制造商们分别为用户提供使用指导，Monteris 的光纤控制的冷却激光探头获得了 FDA 510 (k) 许可。

2018 年 FDA 批准的其他产品包括：Mauna Kea Technologies 公司的神经外科用激光内窥镜系统；Lensar 公司用于治疗老花眼的激光器；卡尔蔡司公司的能将近视治疗延伸到散光患者的激光器；Eximo Medical 公司推出的“能清除引起周边动脉疾病的斑块的”首台 355nm 激光器；以及 Multi Radiance Medical 公司的颈部和肩部疼痛缓解治疗系统。

2018 年激光医疗与美容市场也出现了很多收购行为，这表明人们对激光医疗行业增长的预期很高。2018 年 10 月，Novanta 公司（原 GSI 集团）完成了对 Laser Quantum 公司的收购，后者为医疗领域的原始设备制造商提供固态激光器和超快激光器。这项交易的总价为 4570 万美元，在此前的 2017 年 1 月，Novanta 就已经将持有的 Laser Quantum 公司的股权增加到了 76%。

2018 年 8 月，光学和光子学供应

商 Gooch&Housego (G&H) 以 2800 万美元收购了 Integrated Technologies 公司 (ITL)，后者是一家提供包括体外诊断工具的医疗设备制造商。这项收购完成后，ITL 的业务将使 G&H 现有的生命科学收入翻一番，并且 ITL 公司基于系统的产品，也将帮助 G&H 拓展价值链。

同样在 8 月份，光纤激光器和 CO₂ 激光器制造商 OmniGuide 公司收购了 Lisa Laser 公司，后者生产用于治疗良性前列腺增生 (BPH) 的铒激光器和钬激光器，这是一个越来越重要的应用领域，也是 Boston Scientific 公司投资的一个领域。Boston Scientific 公司提供绿光 XPS 激光治疗系统和钬激光治疗平台。

虽然牙科激光器在激光医疗领域占据很小的份额，但是 2018 年其总收入却大幅增长。Biolase 公司自称是牙科激光器领域的全球领导者，该公司表示，2018 年第三季度，美国牙科激光器的收入同比增长 22%；在其南加州模型市场，该季度激光器收入比 2017 年同期增长 127%，比过去的两个季度增长 175%。Biolase 公司将其业绩增长归因于“进入市场不同方法获得了早期成功”。Biolase 还宣布与 NBA 球队 Dallas Mavericks 合作，以提高大众对牙科激光器益处的了解。

考虑到激光市场的未来，世界激光治疗协会 (WALT) ^[81] 主席 Praveen Arany 提到了有史以来第一次关于“疼痛管理创新医疗技术”的国会简报，^[82] 以及随后通过的 2018 年《类鸦片危机应对法案》(OCRA)，授权开发和采用疼痛治疗方案，作为新应用未来发展的一种指示。“光生物调节作用对于疼痛管理和口腔粘膜

炎有着巨大作用，” Praveen Arany 说，并提到“在化疗 - 放疗 - 移植肿瘤患者中，针对止痛药物成瘾和痛苦的溃疡，激光治疗面临的商业机会。”事实上，即使宏观经济放缓，也无法抑制 2019 年及以后不断扩大的激光医疗市场。

仪器仪表与传感器市场

用于测试、测量和传感的激光光学仪器是一个多样化的市场细分，因为它包含多种类型的光学和光子学技术。通常，激光器本身在仪器或传感系统中只是一个很小的基本部分。这个技术混合的市场中还包括许多“无所不能”的十亿美元级别的公司。

万机仪器 (MKS Instruments) 在其历史上一直以服务半导体市场而闻名，2016 年该公司以大约 10 亿美元的价格收购了 Newport (包括 Newport 自己之前收购的光谱物理、Ophir、Femtolasers 等公司)，以加强其在光学和光子学领域的地位。2018 年，MKS 宣布了收购激光微加工制造商 Electro Science Industries 公司的意向，^[83] 收购价也约为 10 亿美元，这表明 MKS 将进一步迈向多元化市场。从 2016 年到 2017 年，MKS 的净收入从 13 亿美元增长到 19 亿美元，净利润从 1.05 亿美元增长到 3.39 亿美元，这表明它所采取的一系列举措已经让公司受益。2018 年第一季度，MKS 的净收入为 5.54 亿美元，第二季度为 5.73 亿美元，第三季度为 4.87 亿美元。

尽管 MKS 是一家光学仪器制造商，但是它仍然受到半导体行业的极大影响。“尽管半导体市场近期有所放缓，但我们对 2018 年第三季度业绩的强劲表现非常满意，^[84] 良好的

业绩也反映了我们在半导体行业衰退周期中的管理能力。” MKS 首席执行官 Gerald Colella 表示，“尽管我们预计半导体市场将在短期内继续面临逆风，但从第三季度开始，我们已经看到我们的半导体业务更加稳定了。我们对半导体市场的长期增长动力非常乐观。此外，我们将继续在市场、客户和产品组合方面采取多元化策略，目标是使我们的先进市场的增长速度比整体市场快两倍以上。”很明显，多元化是 MKS 增长的关键。

2018 年，制造科学、医疗和工业仪器 (包括共焦显微镜、多种光谱仪和时间分辨荧光仪) 的 PerkinElmer 公司，将上海光仪器有限公司 (Shanghai Spectrum Instruments) 和澳大利亚 RHS 公司收入旗下。此外，PerkinElmer 将其用于定量病理学的 Phenoptics 多光谱成像产品出售给了 Akoya Biosciences。^[85] PerkinElmer 2017 年的收入从 2016 年的 21.16 亿美元增长到 22.56 亿美元。^[86] 2017

年 1.4 亿美元的业绩增长，几乎主要是由公司的诊断部门 (7600 万美元) 和生产光谱仪的 Discovery and Analytical Solutions (DAS) 部门 (6600 万美元) 贡献的。Pralhad Singh 于 2019 年 1 月 1 日接任 PerkinElmer 的新总裁兼首席执行官，^[87] 他可能会致力于提高公司 DAS 部门和诊断部门之间的协同。

从 2016 年到 2017 年，Bruker 公司的总收入从 16.1 亿美元增至 17.7 亿美元。^[88] Bruker 科学仪器部门 (包括所有的光学仪器生产) 的收入在同期从 5.62 亿美元增至 5.71 亿美元。2018 年，Bruker 在收购方面也毫不懈怠，收购了如下公司：JPK Instruments，^[89] 致力于为生物分子和细胞成像提供显微镜仪器；Ansys，^[90] 开发纳米级红外光谱仪和热测量仪器；持有 Hain Diagnostics 公司 80% 的多数股权；光学计量产品制造商 Alicona Imaging^[91] 现在也是 Bruker 的一部分。

仪器仪表与传感器市场

包括用于生物医学仪器、分析仪器 (如光谱仪)、晶圆和掩膜检测、光学测量、水平测量仪、光学鼠标、手势识别、激光雷达、条码阅读器及其他传感器中的激光器。

虽然许多激光传感应用 (如计算机鼠标) 并未给人们带来兴奋，但也有许多传感应用大有前途。最大的应用 (也是最近几年才出现的) 是 3D 传感。3D 传感应用最先出现在微软 Xbox 的 Kinect 传感器中，然后出现在 Kinect 2 传感器中。微软在售出近 3500 万台 Kinect 传感器后，于 2017 停产了该产品。但市场并未因此坍塌。苹果于 2013 年收购了生产首款 Kinect 的公司 PrimeSense，并于 2017 年推出了 FaceID，并将其纳入新的 iPhone X 中。2018 年，苹果在更多手机和 iPad Pro 中加入了 FaceID。苹果 FaceID 的成功，导致三星和中国手机制造商迫切需要这种新功能。尽管目前激光 3D 传感器还没有在很多手机中出现，但预计 2019 年底该应用会大幅增加。再加上越来越多的激光雷达应用 (如自动驾驶车辆) 也使用激光传感器，预计这部分市场有望大幅增长。这当然也是一个需要密切关注的激光市场。



“尽管半导体计量市场有所放缓，但是 Bruker 大部分产品的订单仍然相当健康。” Bruker 公司总裁兼首席执行官 Frank Laukien 表示。他补充说，从年初至今，预计 2018 年 Bruker 的订单将实现中高个位数的增长，包括在北美和中国市场的强劲增长以及在欧洲市场的良好表现。

Jenotik 公司的产品丰富，其中包括很多激光距离传感器、光轴计量仪和定制激光工业仪器。Jenotik 公司 2018 年前 9 个月的收入为 6.775 亿美元，2017 年同期为 6.016 亿美元，业绩增长得益于半导体设备领域对光学系统的需求和医疗仪器市场的增长。Jenoptik 公司总裁兼首席执行官 Stefan Traeger 指出，传感器和数据融合是推动未来增长的一种方式（参考 <https://bit.ly/jan19bf>）。^[92] “我们在这个行业中仍处于有利地位，因此我们可以生产数据集，而其他人可以利用它赚钱。”他说，“但是早晚有一天，仅仅生产数据集将无法再带来收入。传感器变成了商品。真正能赚钱的是传感器和数据处理的集成解决方案。五年之内，我们必须为这个问题给出答案：我们想这样做吗？在这个领域我们能与谷歌抗衡吗？当然，我们不能打败他们，那我们该怎么应对呢？我认为这是整个行业必须面对的挑战。”

激光雷达，尤其是用于自动驾驶汽车和避免危险的激光雷达，在 2018 年成为了媒体的宠儿，也是光学和光子学界许多商业发展的重点。^[93] 然而实际上，激光雷达还有很长的路要走：成本高、许多配置相互竞争、性能尚未得到充分证实，甚至需要制定道德规范（激光雷达系统应该设法拯救行人还是司机？）Luminar

Technologies 公司创始人兼首席执行官 Austin Russell 预测，“2019 年我们将看到越来越少的公司提供新的、大肆宣传的替代方法来解决这个问题。2018 年，我们看到许多新公司推出了‘开创性的新颖解决方案’，并且有很多公司声称能提供价格 100 美元激光雷达。2019 年，这种情况会减少。在激光雷达领域，我们正进入每个人都必须通过自身技术来证明自己的阶段。” Russell 预计，2019 年将会有更多的激光雷达设备上路。

2018 年，仪器仪表和传感器市场的激光器收入，从 2017 年的 8.02 亿美元增长到 2018 年的 10.19 亿美元，预计 2019 年的收入将达到 12.82 亿美元。所有这些产品中，包括用于科学、工业和医疗仪器中的激光器，以及用于消费领域传感的激光器（如苹果 iPhone、计算机鼠标等）。市场研究公司 Strategies Unlimited 的 AllenNogee 表示，用于消费品传感的 VCSEL 将迎来另一个辉煌的一年。

娱乐、显示与打印市场

如果你想在市场上买到适合家庭、商业甚至全尺寸电影院使用的投影仪，那就用激光代替灯泡吧。在各种级别的投影应用中，激光投影仪的性能均优于使用灯泡和 LED 的投影仪；一般家庭 / 办公用投影仪的价格从 2000 美元到 6000 美元不等，电影院级投影仪的价格约为 10 万美元。无论是 3LCD 技术（索尼、爱普生和松下）、MEMS 微镜以及 RGB 激光器中的高亮度蓝光激光器和发光体，还是 DLP 技术（LG、优派、明基、卡西欧、Optoma、Acer 和戴尔）中的 LED，或者是数字电影设计（来自 Barco 和 Christie）中的高功率 RGB

激光引擎，激光器都会继续渗透到基于灯泡和 LED 的投影仪系统中。

然而，即便身处电影界，Barco 和 Christie 这两家公司在 2018 年也遭遇了与“消费电子、半导体和激光材料加工市场”相同的命运——因为贸易 / 货币问题和采购需求的放缓而导致销售额下降。2018 年上半年（截至 2018 年 6 月 30 日），Barco 的销售额^[94]接近 5.7 亿美元，较去年同期下降了 3.8%，主要是因为中国电影销量下降；但如果按固定汇率计算，其上半年的销售额实际增长了 2.7%。Christie 的母公司 Ushio 2018 年上半年（截至 2018 年 9 月 30 日）的销售额^[95]约为 7.3 亿美元，也比 2017 年同期的 7.54 亿美元有所下降。

然而，2018 年全球电影票房的实际收入却与数字电影设备的销售背道而驰。^[96] 市场研究公司 IHS Markit 报道，2018 年上半年北美的票房总收入达 61.8 亿美元，比 2017 年同期增长 9.6%，北美票房占据了全球票房总收入的 28%。影院公司 CGR Cinemas 计划将其所有 700 家影院全部转换为采用 Christie 公司的纯 RGB 激光投影仪（2019 年 100 家，2020 年 100 家），另一家影院公司 Cineworld 也计划在未来三年内用 Barco 公司的激光投影仪替换 9538 个屏幕中的 600 个，我们预计，激光影院的发展仍处于早期阶段。

来自市场研究公司 Gartner 的数据显示，家用和办公用激光打印机市场增长缓慢，2018 年包括打印机、复印机和多功能产品的整体市场仅增长了 0.4%。在商业图像印刷方面，计算机直接制版应用（需要紫外激光二极管、蓝光二极管）和柔性版印刷应用（需要 CO₂ 激光器）对激光器的需

娱乐、显示与打印市场

包括用于灯光秀、游戏、数字影院、正向投影仪、背向投影仪、微型投影仪和激光指示器中的激光器。也包括用于商业印前系统和相片冲印系统中的激光器，以及用于消费和商业领域的传统激光打印机中的激光器。

激光打印机市场基本保持持平状态；用于灯光秀的激光器，在几年前达到峰值后增长放缓；但用于显示器和光源中的激光器，才刚刚开始发展。激光器在投影仪中的使用已经有多年的历史，这部分市场的收入一直相对较

少，直到几年前，当激光器被用于商业电影放映机中后，情况开始改观。在商业电影院中，激光器越来越多地被用作更高亮度、更节能、更低拥有成本的电影放映机光源。可以说从氙气灯到激光器的转变来得正是时候，因为中国的电影院正在爆炸式增加，这项技术完美地符合了市场需求。如今，中国的商业电影院数量比美国还要多。当然，还有一项潜在的颠覆性应用是激光照明，比如奥迪和宝马的大灯已经使用激光照明。虽然从总体收入上来看这部分收入微乎其微，但在未来的许多照明应用中，激光替代 LED 的潜力仍然存在。



求会继续存在，但根据全球包装、纸张和印刷业供应链管理领域的权威 Smithers Pira 集团的数据，这一市场

的年度增加率为较低的一位数，约为 2.6%，至少在柔性版印刷市场^[97]是这样。

用于娱乐的激光表演继续让观众眼花缭乱。“由于两项关键创新，激光娱乐行业在 2018 年经历了指数级增长。首先，由于激光二极管本身的成本降低，购买激光投影仪的总价格已大幅下降。其次，更简单的激光控制和用户界面，有助于日常消费者获得他们所需要的工具，使他们能够设计、创建和投射他们自己的激光内容。” Pangolin Laser Systems 公司首席运营官 Justin Perry 说，“因此，我们看到激光器正被更多地用于家庭娱乐、圣诞节等节假日照明以及夜总会、旅游和节日庆典等典型应用场所。” □

参考文献

有关文中引用的所有参考文献列表，请参阅 <https://bit.ly/jan19references>。

CES2019上展示的激光雷达创新技术

在备受关注的 2019 CES 大展上，当下最热门的话题之一——激光雷达技术抢尽了风头，很多创新技术有望进一步提升自动驾驶的智能性和安全性，让消费者们眼前一亮。

速腾聚创 (RoboSense) 展示了其升级后的 MEMS 固态激光雷达 RS-LiDAR-M1，采用 905nm 波长，探测距离达 200m，通过升级的光学系统和信号处理技术，改善了最终的输出点云效应，甚至可以识别栏杆和围

栏等小物体。提供 120° 水平视场，只需少数 RS-LIDAR-M1S 就可覆盖 360° 视场；只需要 5 个 RS-LIDAR-M1S，就可实现车辆周围无盲区，在车辆前方提供双激光雷达感应，实现 L5 级别的自动驾驶。

Velodyne Lidar 展示了“业界首款”宽视场短程传感器，以及一些先进驾驶员辅助系统 (ADAS) 技术。其推出的一款紧凑型嵌入式激光雷达 VelaDome，可提供超宽 180° × 180° 图像以避免近距离物体；Vella 软件能显著提高目前市场上的 ASAS 功能，如车道保持辅助 (LKA)、自动紧急制动 (AEB) 和自适应巡航控制 (ACC)。

Ouster 推出了 OS-1-128 激光雷

达传感器，它包含 128 个单独的激光束，具有 45° 的垂直视野。它每秒产生 262 万个点，形成自动驾驶中目标检测和机器学习所需要的密集点云，进一步加速了 2D 深度学习算法在 3D 点云数据上的应用。该传感器采用了 Ouster 的 Multi-Beam Flash Lidar 架构。

北醒发布长距固态激光雷达 Benewake-Horn-X，拥有长达 350m 的探测能力、水平垂直方向都能达到 0.1° 的角分辨率。即使对于 10% 反射率的物体，它也能在 250m 外就能探测到，优于市面上多数固态雷达，能为自动驾驶车辆提供更多的决策和控制时间，从而实现更安全的高级自动驾驶。它的目标直指 L4 以上的高级别自动驾驶。



玻璃切割

激光切割实现卓越的玻璃切割质量

文/Roland Mayerhofer; Coherent | Rofin

George Oulundsen, Rainer Paetzel; 相干公司

这推动着玻璃制造商改善玻璃自身的特性、研发更先进的玻璃涂料，以及改进玻璃切割工艺，具体而言包括提高切割精度、加快切割速度、减少对环境的影响，以及降低切割成本。本文介绍了玻璃激光切割技术，并探究在某些应用环境中，激光切割相较于传统机械加工法的优势。

传统方法

人们通过各种形式的传统技术切割玻璃已有几个世纪之久，通常是先用锋利且坚硬的工具（如金刚石或碳化物砂轮）刻划玻璃表面，然后施加机械掰断力，让玻璃沿划痕完全分离。在自动式系统中，玻璃分离往往由压到玻璃上的“闸刀杆”实现。

遗憾的是，这种方法有许多缺陷，尤其在如今平板显示器（FPD）中越来越多地采用超薄基板的环境中，这些缺陷更加明显。主要缺陷包括：刻划工具施加的机械力会让材料产生细微裂纹、后续掰断步骤会造成小缺口和碎屑，而且切割边缘也不一定与玻璃表面垂直。另外，机械切割会在成品边缘留下相当大的机械应力。实际上，当基板厚度小于 1mm 时，由于玻璃特别容易断裂，这时候已经很难使用机械切割法了。为了防止玻璃在经受首道切割工序之后出现破裂或断裂，可能必须对切割表面进行打磨或

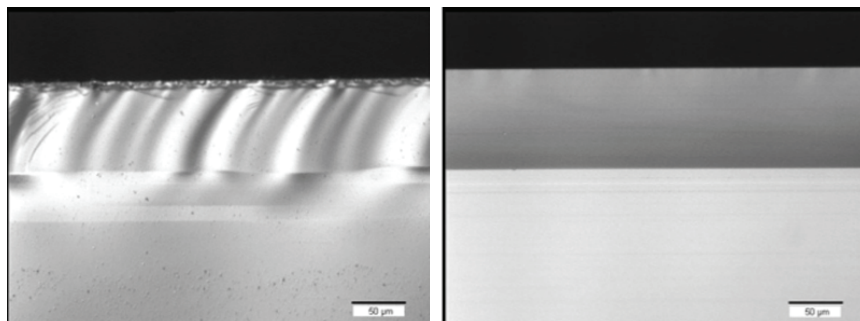


图 1：机械切割玻璃（左图）与激光切割玻璃（右图）比较。很显然，机械切割玻璃存在相当大的残余应力，并且切割过程留下了大量碎屑。

抛光。另外，加工后可能还必须安排清洁环节来清除可能对后续流程（例如电路形成）造成干扰的碎屑（当玻璃用作微电子制造中的基板时）。

对制造商而言，在加工后安排各种边缘打磨和清洁环节，无疑会额外增加制造工时和成本。这些环节也可能会对环境造成负面影响，包括产生不易处理的碎屑，或为了进行清洁需要耗用大量水资源。另外，如今对曲线边缘（尤其是用于便携式设备的 FPD）的需求量

越来越大，而玻璃机械切割法对切割曲线边缘的支持度并不高。

鉴于当今的玻璃使用趋势，上述这些局限显得尤为严峻。具体来说，目前的市场发展趋势包括：制造的零件精度更高、零件的形状和切口有时非常复杂、使用超薄（小于 1mm）基板，以及化学强化玻璃开始出现（机械法尚不支持切割这种玻璃）。

激光切割的优点

目前，用于玻璃切割的激光技术有许多种，并且这些技术的实现方式多种多样。不过，所有这些玻璃激光切割技术的主要优点都有一些类似之处。

首先，所有激光切割法都采用非接触式加工工艺，大大避免了细微裂纹和碎屑的问题。其次，激光切割法留在玻璃中的残余应力极小（不同切割法的残余应力有所不同），因而切割边缘的强度更高。这一点非常重要，如果残余应力太大，那么即使在玻璃

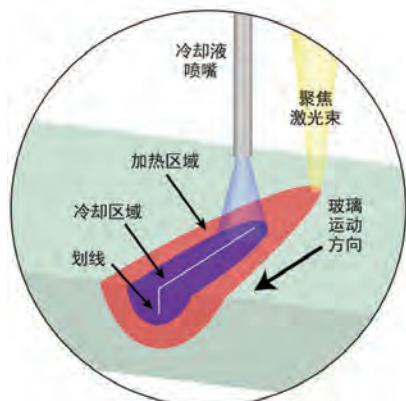


图 2：CO₂ 激光器划线示意图。

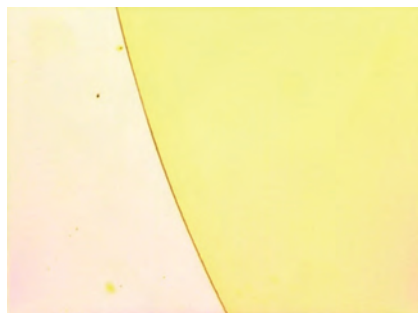


图 3: 输出功率仅 9W 的 CO 激光器以 140 mm/s 的加工速率, 在超薄玻璃 (厚度 50 μ m) 上实现平滑整齐的曲线切割效果 (半径 6mm 的圆)。

板中心施力, 往往也会导致玻璃边缘发生破裂。因此, 与采用机械法切割的玻璃相比, 激光切割的玻璃能承受的力要大 1-2 倍。

由于很少需要 (或完全不需要) 后续清洁或打磨阶段的工作, 激光切割还减少了工艺环节的数量。因此, 虽然激光切割工作台的投资成本比机械系统高, 但由于不需要额外配备打磨机, 所以激光切割的总投资要比机械加工系统低。加之后处理工作和清洁工作的需求下降, 激光切割法比机械法更环保, 耗用的水资源也更少 (或完全不需要耗用水资源)。

最后, 有些激光切割法支持玻璃曲线切割。如今对曲线切割的需求量越来越大, 尤其在手机制造行业, 制造商们希望生产几何形状更复杂的屏幕, 包括在材料上打孔来容纳按键、控制键、LED 和相机镜头。

CO₂ 激光器和 CO 激光器

二氧化碳 (CO₂) 激光器用于切割玻璃已有多年。相比之下, 作为工业实用型工具的一氧化碳 (CO) 激光器, 直到 2015 年才由相干公司率先推出, 可以说是刚刚开始在这一应用领域的部署。不论是 CO₂ 激光器还是 CO 激光器, 都有玻璃切割速度快、产量大的优点。

CO₂ 和 CO 激光源加工玻璃的原理都是在局部密集加热。具体来说, 所有玻璃都极易吸收 CO₂ 激光器产生的 10.6 μ m 波长, 因此聚焦的激光束能够快速加热玻璃表面或近表面区域。为了实现切割效果, 玻璃需要相对激光束平移, 并且由玻璃上方的喷液或喷气口对玻璃进行快速冷却。由此带来的热冲击会让玻璃形成连续切缝。如果玻璃较薄, 切缝可以完全穿透基板, 直接完成切割, 这叫做“整体切割”。如果玻璃比较厚, 则还需要额外通过一个激光或机械式掰断环节才能完成切割, 这叫做“激光划线”。

CO 激光器的总体加工过程大致相同。不过, 玻璃对 CO 激光器输出的 5~6 μ m 激光的吸收率显著降低, 这让激光照射大块材料时能够穿透得更深。因此, 热量能够直接深入大块玻璃, 而无需依靠从表面传播。相干公司开展的测试表明, 这能比使用 CO₂ 激光器进一步降低残余应力, 从而提高切割工件的强度, 同时能够扩大加工区间。

CO 激光器还有一个吸引人的优点是支持曲线切割。CO₂ 激光器往往局限于以直线切割玻璃, 因为其圆形输出光束必须重塑为细长光线, 才能更好地发散表面产生的高温。相比之下, CO 激光器吸收率较低的特点让它能直接使用圆形光束, 而且不会产生不利的热影响。另外, CO 激光器

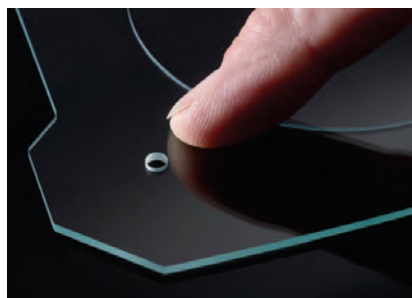


图 4: 采用“自下而上”方法加工的通孔。

还支持切割化学强化玻璃。

激光烧蚀

激光烧蚀的玻璃加工机制与通过热冲击形成切缝的 CO₂ 和 CO 激光器的加工方式完全不同。激光烧蚀实现划线的方式是通过精准烧蚀真正去除材料。当施加功率足够大的激光、从而在玻璃中激发非线性吸收时, 就会实现烧蚀。这样一来, 就能通过局部密集加热 (热烧蚀) 或通过极高峰值功率直接破坏原子间的化学键 (光烧蚀), 达到去除材料的目的。

用于激光烧蚀的激光器要么是脉宽在纳秒级的 Q 开关半导体泵浦固体激光器, 要么是脉宽在皮秒乃至飞秒级的工业超快激光器。这些工业超快激光器往往使用锁模半导体泵浦固体激光器作为种子来实现后续的一级或多级放大。

通过激光烧蚀切割玻璃存在许多不同形式, 不过所有这些形式都有个共同点, 那就是激光脉冲会从基板上打下微小碎屑。通常, 脉宽与去除的颗粒大小直接关联。脉宽为纳秒级的激光器产生的碎屑大小以数微米为单位, 超快激光器产生的颗粒以数百纳米为单位。

纳秒脉宽激光器发射的绿光 (532nm) 或紫外光 (355nm) 往往会穿透透明基板顶层, 并且最初聚焦于底部表面。在这种所谓的“自下而上”的方法中, 烧蚀下来的碎屑会受重力作用从材料相互作用区域掉落。通过沿预期轮廓移动贯穿基板的聚焦光束, 刻划或切割边缘几乎可以是任何轮廓, 包括曲线切割、槽、孔、沟槽、斜面 and 切面。

与其他方法相比, 这类烧蚀方法的加工速度比较慢。例如, 用这种方



图 5: 激光光丝在厚度为 0.5mm 的蓝宝石中形成一系列平行空隙。

法在厚度 3mm 的钠钙玻璃上钻一个直径 1mm 的孔，大约需要 1s。切割自由轮廓的速度为每秒几毫米。这种方法的缺陷还包括无法加工强化玻璃，而且加工边缘往往存在 10~50μm 的较大碎屑。

超快激光器的划线过程通常是激光首先聚焦于基板上表面，然后通过调整光束聚焦点让加工深度达到穿透整个材料。由于切割过程中产生的微小颗粒不能自动从划片掉落（虽然通过一定方法可以去除这些颗粒），因此超快激光器难以实现“自下而上”的钻孔或切割。除了切割速度较慢和边缘较粗糙这两个局限性之外，使用超快激光器进行顶部划线的局限性还包括划片和孔始终会存在范围通常在 8° 到 12° 的锥度。

在超快激光器中，飞秒激光器的切割质量已被证明优于皮秒激光器，不过由于工业激光器提供的平均功率较低，飞秒激光器的切割速度往往更慢。

SmartCleave 成丝切割

玻璃切割也能通过特定形式的内部变形来实现。这个过程叫做“成丝”，同样需要利用由超快激光器聚焦光束提供的超高功率密度。在这个过程中，受非线性克尔光学效应影响，超高密度的激光光束会产生自聚焦现象。这种自聚焦会进一步提高功率密度，直



图 6: SmartCleave 支持快速对玻璃进行曲线切割和内嵌切割，例如切割用于显示屏基板的玻璃。

来达到某一阈值后在材料中产生低密度等离子体。这种等离子体会降低材料在光束路径中间的折射率，并会造成光束散焦。通过适当配置光束聚焦光学部件，可以让这种聚焦 / 散焦效应达到平衡，从而实现周期性重复并在光学透明材料中形成长达数毫米、较为稳定的光丝。这种光丝的直径通常在 0.5~1μm 之间。

为了有效得到零间隙切割或穿孔线，需要移动工件与激光光束之间的相对位置，让激光生成的光丝彼此靠近。根据材料厚度和需要的切割几何图形，切割速度可以达到 100~2000mm/s。

Coherent | Rofin 利用成丝技术研发的代表性技术称为 SmartCleave。这一技术由 Rofin 在采购的工艺技术上进一步研发，然后搭配相干公司的高级工业超快激光器形成。最终形成的工艺可快速切割任意形状、厚度为 0.05~10mm 的透明脆性材料（包括曲线切割、自由形式切割和内嵌切割），并且无锥度产生。SmartCleave 的切割面平滑，Ra 小于 1μm，并且无缺口和碎屑。与机械式工艺相比，这样得到的切割工件的弯曲强度更高。

对于非强化透明玻璃（例如钠钙玻璃、硼硅酸盐玻璃和铝硅酸盐玻璃）以及蓝宝石，在成丝之后还需增加一个分离环节。这可以通过施加一个不

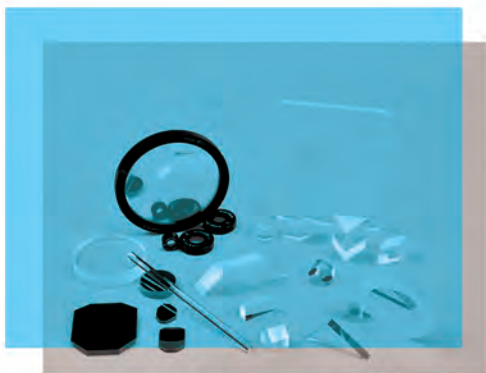
大的机械力或温差力来实现。例如，后者可以由 CO₂ 激光器加热来提供。对于化学强化或热强化玻璃，工件内部的应力可以实现自动沿外部轮廓分离，因此无需再额外增加其他环节。

实施 SmartCleave

随着相干公司于 2016 年收购 Rofin，SmartCleave 技术现已融入相干公司的工业超快激光器系列，包括 HYPERRAPID 系列。这些产品提供了输出功率、可靠性和操作灵活性的独特组合，包括支持突发模式和按需脉冲操作。因此，在特定应用环境中有效实施成丝切割的能力，达到了领先水平。

另外，Coherent | Rofin 提供各种产品，以多种多样的集成配置支持 SmartCleave 加工。首先是激光源，如 HYPERRAPID 系列产品。还提供将激光器与光束传输光学部件和控制电子器件集成在一起的子系统。另外，可以将这些器件配置为所谓的“黑盒”子系统，也就是针对特定工艺提供现成的特定配置。这些配置已开发和编程完毕，能够支持和优化这一特定工艺。最后，Coherent | Rofin 还能提供完善、即时可用的系统来实现 SmartCleave 工艺，并且这些系统随时能够在生产环境中投入使用。

总之，实践证明，激光器能在广泛应用环境中代替传统玻璃切割技术的可行替代方案。一般来说，在机械法不能提供所需的切割质量或特征、或者旧方法因需要大量后期处理而变得过于昂贵时，激光器的优势最大。然而，玻璃激光切割涉及的范围很广，涵盖多种不同的技术，并且每种技术都有其独特的特征和优点。相干公司几乎能提供所有玻璃切割激光器，能够为具体应用环境提供最佳解决方案。□



◀ 光学元件

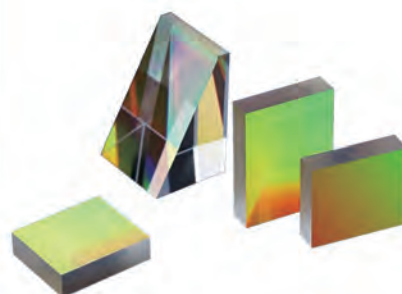


声光器件 ▶

LBO 晶体 ▶



▲ 隔离器



▲ 光栅

CASTECH[®]
—— 福晶科技 ——

CRYSTALS / PRECISION OPTICS / LASER COMPONENTS

网址 : www.castech.com

电话 : +86-(0)591-83791703

邮箱 : sales@castech.com

地址 : 福建省福州市鼓楼区软件大道89号 软件园F区 9号楼 350003



非激光光源

高亮度 LED 瞄准新兴的汽车照明应用

荧光粉转换LED的亮度现在接近2亿尼特，瞄准的应用不仅能以低成本提供聚集型照明，而且能够实现可传达信息的动态像素化照明。

文/Jy Bhardwaj, Oleg Shchekin

激光二极管最初在照明中用作汽车、军事和监视应用中的聚光照射增程器。但随着数字照明变得更具适应性，越来越需要不仅能传输聚集型照明（concentrated illumination）而且传输信息的应用。因此，为现有的应用和新兴应用增加低成本 LED 技术的亮度，重新获得关注。

几年前，生产的最亮的荧光粉转换 LED（pcLED）光源达到了上亿尼特（MNit 用于表示 100 万尼特或兆尼特，其中 1 尼特 = 1cd/m^2 ）。现在，在汽车前照灯中部署的 LED 的商业性能超过 100 MNit（见图 1），投放市场的最新光源接近 200MNit。

驱动亮度增加的应用是汽车远光增程和头灯前景投影。对于远光增程（HBRE），亮度需要大于 500MNit，而前景投影（FGP）覆盖的亮度需要 100~200MNit。尽管 pcLED 可以达到这些亮度要求，但仍需要在汽车工作温度下提供更低成本、更高效率和更长寿命的大批量产品。高亮度 LED 不存在高功率激光二极管的安全隐患，并有可能通过材料和封装的进步实现这些目标。

应用的亮度目标

pcLED 产品目前的照度范围高达

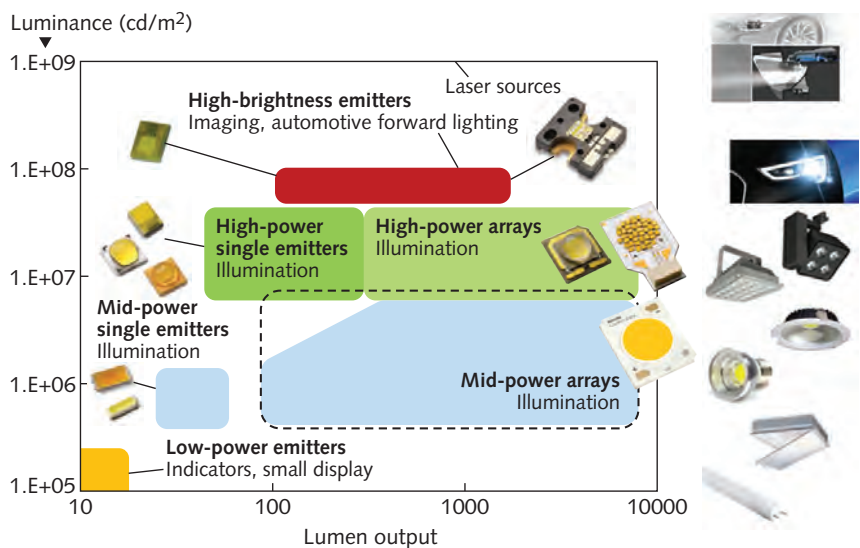


图1：荧光粉转换发光二极管（pcLED）和激光器的亮度与流明输出。

200 MNit，完全满足最大市场领域的需求，包括普通照明、显示器背光，以及汽车的内部、外部前端、信号和尾灯照明。

正是 LED 能够实现汽车头灯的数字化，从而产生全新的功能，如先进远光灯（ADB）。在 ADB 中，具有几兆尼特亮度的 LED 的像素化阵列被成像到道路上，并且基于来自传感器的反馈（探测车辆、标志、行人和道路上或附近的其他物体），可以关闭或调暗单个像素以创造一系列功能，包括减少其他道路使用者的眩光，突出行人、标志和障碍物的能力，以及当汽车接近道路弯道时的光束动态

转向（见图 2）。

为了扩展驾驶安全性，pcLED 还可以在道路上提供 FGP 覆盖信息，例如车道标记或警告。在 FGP 中有两种不同的应用：1) 直接 LED 成像需要 100MNit，以及 2) MEMS 微镜阵列 LED 照明，例如具有大约 100 万像素的德州仪器数字微镜器件（TI DMD），亮度需要接近 200MNit。^[1]

HBRE 应用更侧重于高速公路驾驶，在直道上，车辆可以照亮前方高速公路的路径，最高可达 600 米的法定限制。这需要大于 500MNit 的亮度来产生窄的点照明光束。

作为性能目标，我们需要 LED

Impress213

- ◆ 波长：213 nm
- ◆ 平均功率：150 mW
- ◆ 脉宽：< 7 ns
- ◆ 脉冲能量：> 15 μ J
- ◆ 重复频率：0.1-30 kHz
- ◆ 光束质量：M² < 1.6



德国Xiton公司为工业和科研用户生产并提供优点突出的创新型激光器。IMPRESS213是一款高重频二极管泵浦调Q深紫外激光器，可以输出波长213nm和224nm，TEM00模激光器可以作为光学度量微处理，其短波长等属性也使得这款激光器可以应用于光学直写。主要用于光纤布拉格光栅制作，立体光刻，半导体加工和显示修复。



欲了解更多信息，请关注我们：
(A) 扫一扫左图二维码
(B) 在“查找微信公众账号”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

达到 100MNit、200MNit 和 500MNit，以满足全方位的需求，对于 1mm² 的发光面积 (LEA)，最高可达 1750lm/ 裸片 (假设远场为朗伯辐射图样，近场发射表面上的亮度均匀)。如果我们将最佳的高功率 LED 的基准性能设置为 1A/mm² 下 350lm，这意味着 LEA 的流明需要增加五倍。

亮度的挑战

基本上，增加亮度需要增加电流，并因此增加 LED 的电功率。随着 LED 的电流密度增加到大约 100mA/mm² 的阈值以上，非辐射复合随着电流密度的增加而增加，导致效率持续降低，称为“光效下降”现象。^[2] 虽然效率较低，但净流明输出仍然增加。

典型的现成蓝光“泵浦”LED 具有针对 0.35~1.0A 的工作范围优化过的效率 (见图 3)。为了使输出通量增加 5 倍，需要将电流密度提高 8

倍，即从 1A/mm² 到 8A/mm²。这会影 响正向电压 (V_f)，最高可增加达 5V，墙插效率 (WPE) 降至刚刚超过 20%。但 LED 实际上可以如此驱动吗？为了找到答案，设计人员需要首先考虑将蓝光泵浦通量转换为白光的荧光粉材料。

荧光粉的考虑因素

荧光粉表现出光热猝灭 (PTQ)，其中通过将 LED 驱动到更高的功率密度，使周围温度增加，发射减少。^[3] 陶瓷荧光粉最适合于高驱动电流，因为降低的活化剂浓度，以及陶瓷的高导热性，能显著降低这些材料中的 PTQ。

为满足汽车应用的色度和颜色质量要求，使用铈 (Ce) 活化铝 (Al) 石榴石陶瓷。^[4] 尽管由于应用的颜色要求，PTQ 显著降低，但陶瓷石榴石荧光粉保持其粉末版本的热猝灭。在对于 150℃ 的温度下，量子效率迅

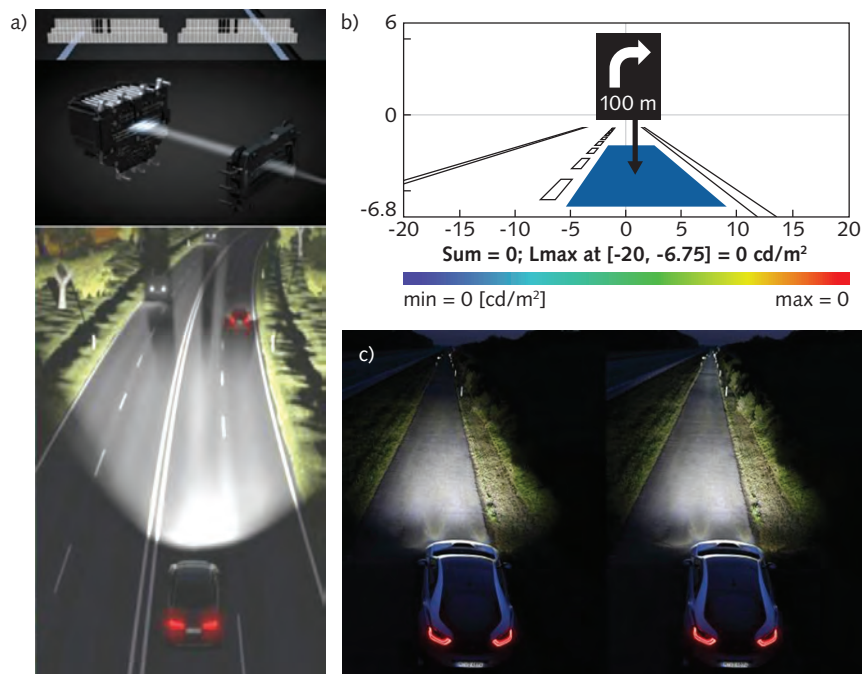


图2：像素化LED可以减少远光眩光 (a)，提供前景投影 (FGP) 覆盖信息 (b)，如警告标志，以及扩展远光照明的距离 (c)。

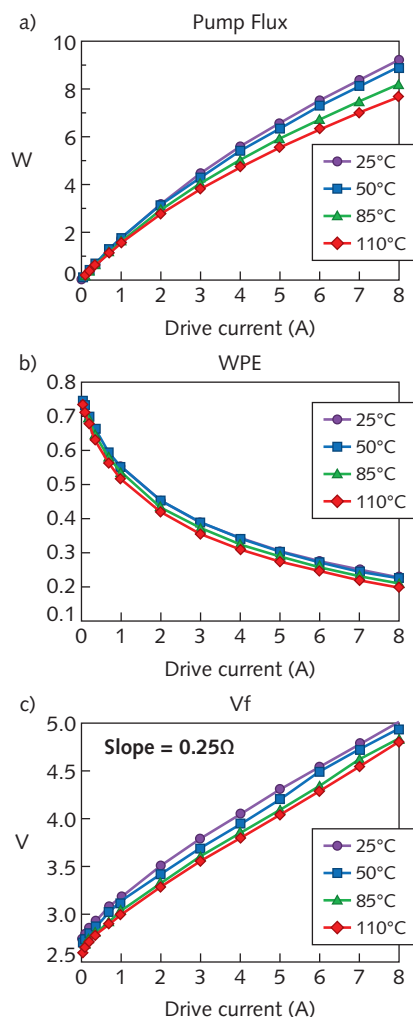


图3: 发光二极管(LED) 泵浦通量(a)、墙插效率(WPE; b)和正向电压(V_f ; c)与温度和电流的关系曲线。

速下降(见图4)。这将重点放在芯片和封装处理极端热负荷的能力上。事实上, 为了达到500MNit所需的1750lm目标, 我们需要以8A驱动, 并保持温度 $T_j < 110^\circ\text{C}$ (见图5)。

以 $8\text{A}/\text{mm}^2$ 驱动LED会产生一些主要的芯片挑战, 包括电迁移和电流拥挤。电迁移中的高电流密度导致LED激活区中的原子移动, 产生位错和点缺陷, 进而产生热量减少光输出, 通常需要完全重新设计金属和电介质堆叠。LED触点处的电流拥挤表现为非常高的局部电流密度, 会产生高光

效下降的局部区域, 同样需要重新设计触点以改善电流扩散。^[5]

Lumileds公司重新设计的LED具有改善的电流扩展, 抗电迁移性能和低10%的光效下降, 同时在超过 $3\text{A}/\text{mm}^2$ 连续工作下, 保持长期可靠性和稳定性。这使其产品亮度接近 $1000\text{lm}/\text{mm}^2$ 或大于200MNit。但为了与荧光粉转换激光器竞争, 还需要降低成本并提高效率。

目前的高功率蓝光边缘发射激光器效率约为30%, 这被认为是相对低效的光源, 因为它对热管理提出了很高的要求, 进一步增加了成本。Lumileds公司的200MNit LED采用外延工艺, 在 $3\text{A}/\text{mm}^2$ 下工作, 专门针对此电流密度进行了优化, 效率大于40%, 已经能够满足许多高亮度应用的要求。

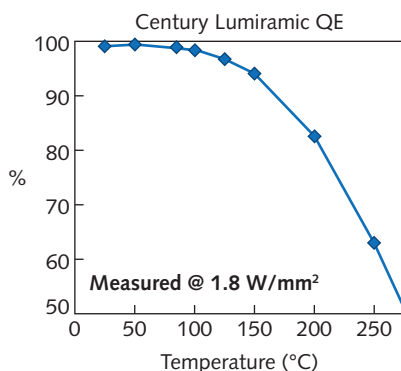


图4: 荧光粉量子效率(QE)与温度和泵浦功率的关系图。

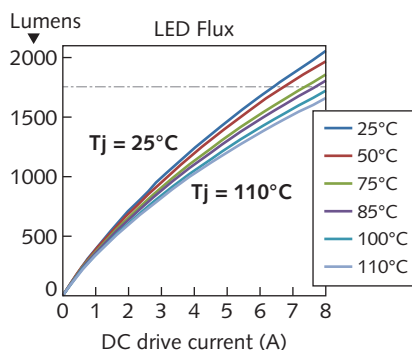


图5: LED照明随通量增加的变化。

新材料和封装设计

Lumileds公司继续探索实现500MNit的开发选项, 并相信LED不仅应该能够处理极端功率负载, 还必须能够有效地执行。除了使用新的芯片和外延设计, 以及转移到更短的泵浦波长来逐步减少光效下降, 该公司还在研究其他选项, 如新材料和封装方法。

过渡到半极性和非极性氮化镓(GaN)减少极化效应, 该效应在c面取向的GaN中, 在非常高的电流密度下, 在量子阱中产生基本的电子-空穴波函数重叠。^[6]结合隧道结的全新器件架构, 允许LED进行堆叠, 在相同电流密度下亮度几乎加倍。^[7]我们的目标是利用当前的LED架构, 在 $8\text{A}/\text{mm}^2$ 时实现大于40%的效率。通过使用新方法, 预计到2021年LED的亮度将达到500MNit。□

参考文献

1. V. R. Bhakta and B. Ballard, "High resolution adaptive headlight using Texas Instruments DLP [copyright] technology," 2015 International Symposium on Automotive Lighting (ISAL) Proceedings, 483-494, Darmstadt, Germany (Sep. 2015).
2. V. Fiorentini and F. Bernardini, Phys. Rev. B, 60, 12, 8849 (1999).
3. O. B. Shchekin et al., Physica Status Solidi RRL, 10, 4, 310 (2016).
4. R. Mueller-Mach et al., Physica Status Solidi RRL, 3, 7-8, 215 (2009).
5. J. Bhardwaj et al., Physica Status Solidi A, 214, 8 (2017).
6. B. Leung et al., Appl. Phys. Lett., 104, 26, 262105 (2014).
7. S. Krishnamoorthy, F. Akyol, and S. Rajan, Appl. Phys. Lett., 105, 14, 141104 (2014).

专注于激光精细加工和创新应用

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

第21届 中国国际光电博览会



激光技术及智能制造展

Lasers Technology & Intelligent Manufacturing Expo

2019年 **9月4-7日** 深圳会展中心

展品范围

激光材料、激光组件及装置、激光器、激光设备、
激光特种应用、高端智能装备、3D打印/增材制造

110,000m² 展出面积

70,000+名 专业观众

2,000+家 参展企业

4,000+个 参展品牌

(数据来源: CIOE中国光博会组委会)

同期展会



光通信展

Optical Communications Expo



精密光学展

Precision Optics, Lens & Camera Module Expo



红外技术及应用展

Infrared Applications Expo



光电子创新展

Photonics Innovation Expo



光电传感展

Optoelectronic Sensor Expo

了解更多, 请关注

WWW.CIOE.CN



CIOE官方微信

超快激光器

数值模拟助力设计基于光纤的超快激光源

通过数值模拟设计基于光纤的超快激光源，可以实现具有经过验证的非线性效应承受能力的原型和产品设计。

文/Rüdiger Paschotta博士；RP Photonics Consulting公司创始人兼董事总经理

光纤广泛用于激光技术中。在超快激光器领域，作为增益介质的光纤具有一些有利的特性，例如高增益和大增益带宽。另一方面，与块体激光晶体和玻璃相比，光纤中的非线性和色散效应都要强得多。

强烈的非线性效应通常会限制可实现的性能。物理细节可能非常复杂，这对设计过程有影响。只有基于全面的定量理解，通常才能实现性能潜力。请注意，即使对于连续波（CW）装置，光纤激光器和放大器的操作也比块体装置更难以理解和分析。例如，这归因于强饱和效应、高增益、放大的自发发射，以及大多数光纤增益介质的准三能级特性。

锁模光纤激光器

虽然原则上可以从非常低能量的脉冲开始，然后从光纤放大器获得大量增益，但通常有利的是从更高能量的种子脉冲开始。这主要是因为所需的放大器增益非常高，这将强制使用多个放大级和一些中间器件，如滤光片、隔离器或调制器，使系统更加复杂。此外，噪音问题可能会变得更加严重。

另一方面是任何激光器的平均腔内功率应该是增益饱和功率的几倍，

以便在激光器阈值的几倍以上运行。这与典型的脉冲重复频率和脉冲持续时间相结合，导致具有相当高的峰值功率，并因此具有显著的非线性效应。

因此光孤子锁模等传统概念几乎不可用，因为光孤子脉冲能量通常非常低。现代锁模光纤激光器通常基于更复杂的操作原理。通常使用全正常色散激光谐振器，具有强烈的

上啁啾脉冲循环。腔内脉冲持续时间与强啁啾一起显著增加。可观的光学带宽允许使用激光谐振器外部的色散压缩器，获得非常短的脉冲。由自相位调制引起的脉冲带宽的显著增加，通过腔内带通滤光片在每个谐振器往返中得到补偿。这项技术由 Frank Wise 和他在康奈尔大学的研究小组开创。

例如，我们考虑光纤环形激光器，其基本上包括输出耦合器、带通滤光片、无源光纤、掺镱（Yb）掺杂光纤、法拉第隔离器和可饱和吸收体。当我们逐渐减小滤光片的带宽时，稳态输出脉冲的光谱首先在中间变得越来越平坦。进一步减小带宽，我们获得边缘附近的最大值（见图 1）。

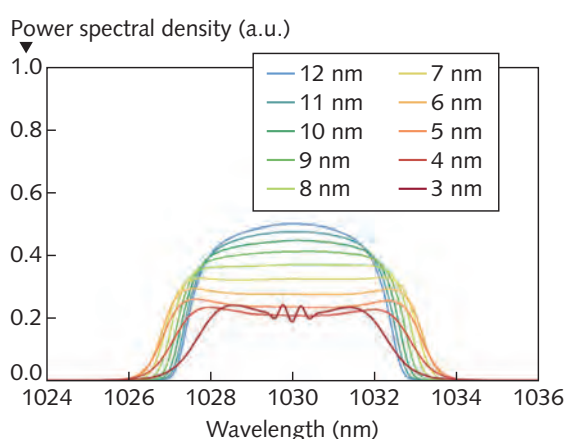


图1：使用RP Fiber Power软件模拟的具有全正常色散激光谐振器的被动锁模光纤激光器的稳态输出脉冲光谱。腔内带通滤光片的带宽在3~12nm之间变化。

奇怪的是，如果滤光片带宽减小，则输出带宽增加，这主要是因为最初的窄带脉冲在光纤中表现出较小的时间展宽，因此在之后达到更高的峰值功率。然而，如果走向极端将导致不稳定性。在我们的示例中，对于最小的滤光片带宽，激光器接近稳定极限，并且由于腔内滤光片的损耗，脉冲能量减小。提高泵浦功率的效果类似于降低滤光片带宽，除了当然它会增加脉冲能量。

如果不获得对运行的全面定量理解，则不能正确地探索由所提及的不稳定性导致的性能限制，其取决于各种设计细节（例如，关于可饱和吸收体的参数）。数值模拟是创造这种理解的唯一实用方法。它们允许人们审

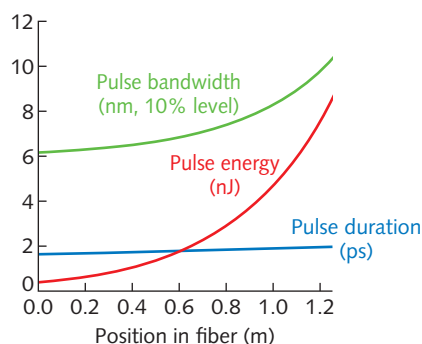


图2: 单模光纤放大器中, 脉冲参数的演变显示为光纤中位置的函数。

视设备, 例如, 探索光纤内脉冲的时间和光谱演变。在购买和组装所需的光学元件之前, 人们可以回答重要的问题, 例如, 需要多少可饱和吸收, 以及什么色散图是适合的。

高重复频率放大器

考虑到高增益和可观的增益带宽, 在有源光纤中强烈放大超短脉冲似乎很容易。然而, 光纤非线性尤其是一项限制因素。

技术挑战在很大程度上取决于运行机制。我们首先考虑具有数十或数百兆赫兹的高脉冲重复频率的超快光源。这里, 直接放大锁模激光器(其本身可以是光纤激光器, 或在某些情况下是增益调节激光二极管)的输出, 也可以用于产生皮秒种子脉冲。

作为一个例子, 我们采用前面讨论的光纤激光器的输出脉冲, 并在1.25m长的Yb掺杂单模光纤中进一步放大, 芯径为5 μ m, 以975nm、800mW反向泵浦。图2显示我们可以显著增加脉冲能量, 同时由于自相位调制而获得显著增加的脉冲带宽, 而脉宽仅略微增加。放

大器后的色散压缩器可将脉宽从大约2ps减少到290fs。实际上, 由于它们增加的带宽, 所获得的脉冲明显短于通过激光脉冲的直接压缩可能获得的脉冲(517fs)。

虽然在我们的示例中放大器的非线性可以认为是有益的, 因为它允许短脉冲或压缩脉冲, 但是当试图获得更高脉冲能量时可能会遇到限制。一个特别的问题是: 当需要更多的泵浦功率时, 需要使用双包层光纤, 并且由于其较弱的泵浦吸收, 该光纤通常必须长得多。然而, 光纤非线性效应进而变得更强。例如, 考虑双包层放大器, 其芯径增加到8 μ m(用于增加泵浦吸收), 包层直径125 μ m, 这时候需要8m光纤来有效吸收5W的泵浦功率(与之前相同的Yb掺杂浓度)。图3显示了强烈啁啾和展宽的输出脉冲。受激拉曼散射(SRS)已经很显著, 尽管它还不是一个严重的问题。

高脉冲能量放大器

为了获得明显更高的脉冲能量, 通常用脉冲选择器降低脉冲重复频率, 脉冲选择器仅传输每第n个

激光脉冲。较低的重复频率, 例如100kHz, 允许可观的脉冲能量而不会有过高的平均功率。但是, 我们需要应对另外两项挑战。

首先, 所需的放大器增益将相应地更高, 这可能导致强放大自发辐射(ASE)的问题。这通常迫使人们使用额外的放大级, 以及抑制它们之间的ASE, 例如除法拉第隔离器以外的带通滤光片或光学开关, 以抑制后向传播的光。

其次, 增加的峰值功率进一步增加非线性效应的强度, 如增加到让受激拉曼散射变得有害的状态。在几兆瓦的峰值功率水平下, 非线性自聚焦设定了严格限制。

光纤非线性引起的挑战通常迫使人们应用啁啾脉冲放大(CPA)方法。首先, 需要将脉冲色散地拉伸到例如数百皮秒或几纳秒的持续时间, 以限制后续放大级中的峰值功率。随后的色散压缩变得更具挑战性, 因为需要能够处理脉冲内各种群延迟的压缩器。啁啾体布拉格光栅(VBG)可以是一种紧凑的解决方案, 但是对于最长的拉伸脉宽, 需要块体衍射光栅, 这会消耗更多的空间并涉及灵敏的对准。

对于CPA装置, 对数值模拟的需求变得更加强烈。例如, 模拟可用于检查展宽器和压缩器的色散匹配, 还要考虑放大器光纤中的非线性相位变化。此外, 需要仔细检查ASE等其他方面。很明显, 试错法不适用于此类设计任务, 特别是在需要高性能时。□

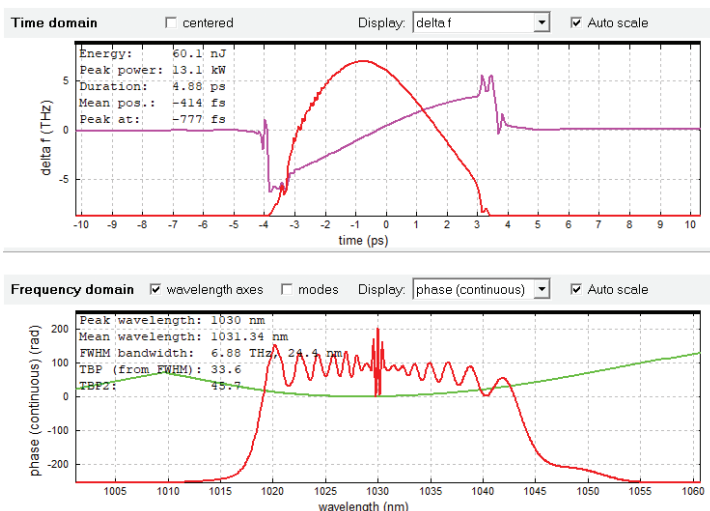


图3: 仿真结果表明, 双包层光纤放大器在时域和频域的输出脉冲, 比单模放大器的脉冲具有更强的非线性效应。该图是RP Fiber Power软件的屏幕截图。

光学系统进展

硫系玻璃在红外光学材料领域露头角

有许多光学材料可用于设计红外光学元件；与传统光学材料相比，硫系玻璃BD6具有不少优势。

文/Andrew Locke, Alan Symmons, Mark Lifshutz; LightPath Technologies

设计 人员可以使用各种红外 (IR) 光学材料 (见图 1)。在设计红外光学元件时，必须要考虑与所使用的光学材料相关的多种因素。这些因素包括折射性质、光学透射性、非热性能、硬度 / 耐久性、环境敏感性、重量 / 密度、制造技术和成本。其中有一些因素还是相互关联的。例如，对于某些材料，它们的光学透射率在室温下很高，但是在更高温度下会降低。考虑到所有这些因

素，在设计红外光学元件时，需要仔细考虑材料选择。4.63g/cm³，重量轻（与其他红外材料相比），是航空航天等重量敏感应用的理想选择。BD6 的成本低于大多数其他耐用的红外材料。BD6 具有 30×10^{-6} 的低热光系数 (d_n/d_t)，可帮助设计人员实现更好的非热性能。未镀膜的 BD6 玻璃在整个红外光谱中的透射率高于 60%。ISP Optics 公司为 BD6 提供高效宽带减反射 (HEAR) 膜层，长波红外 (LWIR: 8~12μm) 波段的平均透射率超过 95%。

BD6硫系玻璃

对于光学工程师和透镜设计师来说，硫系化合物 (ChG) 正迅速成为红外材料的首选。硫系化合物是一种无定形玻璃，比传统的红外晶态材料更容易使用。硫系化合物存在许多不同的化学组分选择，但是从成本和易于制造的方面考虑，由砷和硒 (As₄₀Se₆₀) 组成的 BD6 是最佳选择。

与其他红外材料相比，BD6 (见图 2) 具有许多优点，包括高折射率、低成本（部分归功于无锗组分）、重量轻、非热性能、高透射率和灵活制造性。BD6 在红外光谱上具有 2.75-2.85 的折射率，使其成为非常适合用于光学元件的材料。BD6 的密度为

BD6 玻璃相对于其他 IR 材料的另一个优点，是其在制造技术方面的灵活性。除了传统的研磨和抛光技术之外，BD6 相对低的 T_g (~200 °C) 允许使用精密玻璃模压，用于透镜制造。类似地，BD6 玻璃既不太硬也不太脆，因此，它也可以用金刚石加工。ISP Optics 公司和 LightPath 公司能够将所有这三种技术用于 BD6 制造。因此，可以满足绝大多数客户的成本、交货期和性能要求。

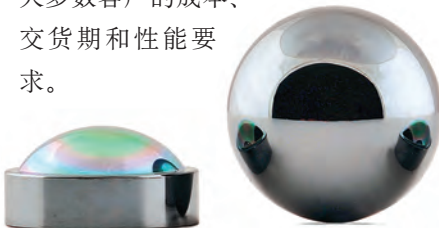


图2: BD6硫系玻璃的平面非球面透镜在相同材料的球体中反射。

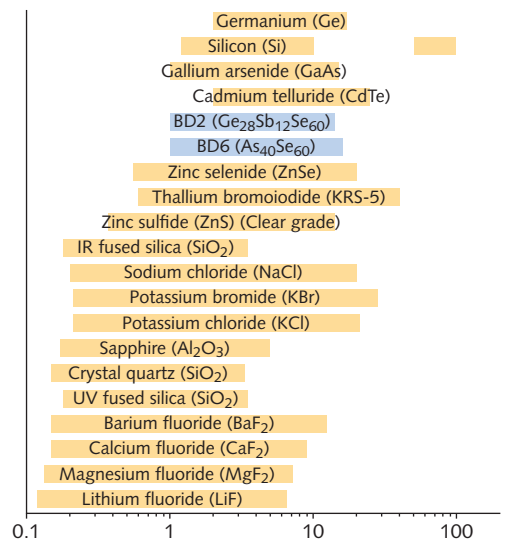


图1: 适用于红外光学元件的许多材料，包括硫系玻璃、半导体、水溶性晶体等；硫系玻璃以蓝色显示。

其他红外材料

虽然 BD6 是许多红外光学应用的首选，但 ISP Optics 公司也提供由许多其他材料制成的红外光学组件。这些材料包括半导体，例如锗 (Ge)、硅 (Si)、砷化镓 (GaAs) 和碲化镉 (CdTe)；锌化合物，如硫化锌 (ZnS) 和硒化锌 (ZnSe)；水溶性晶体，如溴化钾 (KBr)、氯化钠 (NaCl) 和氯化钾 (KCl)；氟化物，如氟化镁 (MgF₂)、氟化钙 (CaF₂) 和氟化钡 (BaF₂)；以及其他材料，如熔融石英和蓝宝石。

在硫系化合

物普及之前，半导体材料一直是传统的主力红外材料。例如，锗在历史上一直是最受欢迎的红外材料，它具有几个优点，包括所有红外材料中最高的折射率 (~4)，它易于用金刚石加工，



图3: 硒化锌是一种常用的红外光学材料，具有较大的光谱透射范围，但价格昂贵且不可模压。

它自然地阻挡紫外、可见光和近红外光 (最大 ~2 μm)，在 MWIR 和 LWIR 波段也具有高透射率。然而，锗也确实有其缺点，包括材料成本高，热光系数大 (导致较差的绝热性能)，以及非常高的密度和较大的重量。特别是 Ge 易于热失控，因此材料在较高温度下变得完全不透明。其他半导体材料没有像锗这样的权衡考虑。例如，Si 具有非常低的密度，使其更适合于对重量敏感的应用。但是，Si 在 8~12 μm 范围内吸收严重，因此不适合在这些较长波长下使用。

锌化合物为红外应用提供了许多益处。例如，硒化锌 (见图 3) 在红外光谱 (16 μm 以下) 内提供高透射率、高折射率、较强的抗热冲击性，并且易于金刚石加工。这种材料的抗热冲击性使其非常适合高功率激光应用。硫化锌是另一种用作红外材料的锌化合物，在红外波段提供至 12 μm 的高透射率、低吸收，并且可以使用金刚石加工。此外，虽然 ZnSe 和 ZnS 都对可见光透射，但它们都不可模压，并且甚至比 Ge 更昂贵。

对于成本非常敏感的红外光学应用，水溶性晶体可能是很好的选择。它们属于最便宜的光学材料，具

有深入红外和可见光的高透射率。当然水溶性晶体也存在不足。它们是高度吸潮性材料，因此对于绝大多数应用，需要防潮膜层。此外，许多水溶性晶体柔软、易碎，这意味着它们不

可以使用金刚石加工。水溶性晶体这类红外材料的主要应用是光谱仪的气/液样品池中的窗口。此外，氯化钾 (KCl) 用于制造二

氧化碳 (CO₂) 激光器的保护窗，因为 KCl 在 10.6 μm 具有低折射率和高损伤阈值。

对于优先考虑高光通量的红外应用，CaF₂ 有其优势。未镀膜 CaF₂ 的透射率至 7 μm 高于 90%，在近红外和 MWIR 波段高度透射。因此，这意味着在使用这种材料时通常简化制造，因为通常不需要 AR 膜层。虽然 CaF₂ 是一种脆性材料，但它是可以用金刚石加工的。不幸的是，CaF₂ 也是相当吸潮的，这也影响了它的使用。如同 CaF₂ 一样，未镀膜氟化钡 (BaF₂) 的透射率高于 90%，但透射波长比 CaF₂ 更远，达到 9.5 μm 。而且，

与 CaF₂ 一样，BaF₂ 可以用金刚石加工。但是 BaF₂ 非常容易受到热冲击，而且比 CaF₂ 更昂贵。氟化物材料不可模压。

还有其他适用于红外光学的材料。例如，无水 (也称为 IR 级) 熔融石英是一种无定形玻璃材料，在近红外 (至 3.5 μm) 具有良好的透射性和良好的非热化性质。但由于这种材料非常坚硬，因此不能用金刚石加工。这使得使用熔融石英制造非球面光学元件变得更加困难和昂贵。

蓝宝石是一种更硬的材料 (在硬度方面仅次于金刚石)，不可以用金刚石加工。然而它非常耐用，它可以承受极端恶劣的环境，熔点超过 2000 $^{\circ}\text{C}$ 。蓝宝石还具有高达 5.5 μm 的未镀膜透射率。由于 dn/dT 低，蓝宝石非常适合非热应用。

虽然在设计红外光学元件时可以使用许多材料，但与传统材料相比，BD6 硫系玻璃具有诸多优点。这些优点包括重量轻、成本低、透射率高、制造选择灵活等。目前的红外应用比以往任何时候都要求更高，当然现在可用的各种光学材料也在增多，用来满足这些应用需求的设计选择。□

Necsel 577nm 1W黄光激光器

Necsel 577nm 黄光激光器，输出功率 1W (QCW)，外观紧凑，体积小于 1 立方英寸。该激光器采用独特的专利技术，实现了一种新的波长，性能可靠，提供自由空间输出和光纤耦合输出模式。

主要特性包括：1W 的 QCW 输出功率；独家的专利技术；外观紧凑小巧；可选的光纤耦合输出模式；可选的开发者套件。

黄色激光具有解毒和抗抑郁的作用。通

过静脉注射黄激

光治疗，医生们在治疗疏螺旋体病、多发性硬化和抑郁症方面取得了成功。黄激光主要用于医学和生物科学应用领域，具体包括眼科、生物医疗、生命科学、照明、生物化学与分子生物学、制药化学、光化学和光生物学。





振动控制

六足位移台提供六轴精确定位

文/John Wallace, LFW高级编辑

高精度、高准确度和高负载能力的六足位移台，可完成在装配中对准光学元件，模拟或隔离振动，以及许多其他任务。

六足位移台以简单而优雅的方式，为测试平台提供相对于基座的六个自由度的(6DoF)位置控制。为方便讨论，如果将可移动平台和固定底座视为刚性三角形，那么典型六足位移台的结构实际上类似于八面体，其中六条侧边的长度可伸展，三条顶边和三个底边为刚性（尽管有一些六足位移台实体看上去不太像八面体）。

结果是机械工程师所称为的静定结构。这种结构通过改变形状和位置，自动调节支柱（实际上是线性致动器）长度，而不在其他部件中产生应力。通过适当计算各个致动器长度的变化，测试平台可以独立地或组合地在 x、y、

z、 θ_x 、 θ_y 和 θ_z 方向上移动。由于它们的复杂性，这些动作通常由计算机软件协调。取决于线性致动器的精度，六足位移台的精度可达纳米级。

六足位移台也被称为 Stewart 平台，是许多科学和工业精密光学系统的重要组成部分。虽然本文仅能介绍一小部分可用的六足位移台产品，但也提供了可以找到的代表性样本。值得注意的是，本文中提到的所有制造商都可以根据要求定制六足位移台产品。

如何构建六足位移台？

六足位移台有各种尺寸和范围。Physik Instrumente (PI) 公司市场营

销副总裁 Stefan Vorndran 指出，PI 公司自 20 世纪 90 年代初开始为夏威夷的天文望远镜设计精密六足运动平台。现在，PI 公司生产六足位移台和相关的六轴并联运动系统，负载能力 0.5~2000kg——有超过 100 种型号的产品可供选择。“所有类型的产品都提供亚微米级精度，有些达到了纳米级精度。” Vorndran 说，“大多数六足位移台应用，要求

非常快速步进和定位，以及高稳定性和高精度（精确定位六足位移台），而有些需要连续的快速运动（运动六足位移台）。”

Vorndran 解释说，六足位移台产品中用到无刷伺服电机、线性电机、压电线性电机或步进电机等。无刷电机具有高动态性和长寿命，这对于 24/7 应用非常重要。线性电机提供最高的速度，但与其尺寸相比力量相对较小。压电电机提供亚纳米级分辨率和自锁功能，因此非常适合真空和非磁性应用。

滚珠丝杠、滚柱丝杠、导螺杆和直驱（线性电机）系统用于动力传递。滚柱丝杠提供最高的刚度并且是自锁的，而滚珠丝杠是成本和速度的良好折衷。

Vorndran 表示，具有零摩擦、零回退和零磨损的挠性接头用于较低负载的应用，例如高速运动六足位移台和超精密六足位移台。对于更高的负载和坚固性，具有 z 偏移的万向节（通用）接头，提供了刚度且不依赖于方向的性能的最佳组合，但需要更先进的控制算法来处理偏移几何量（这意味着需要每秒可提供数百万次操作，实现精密、平滑六轴路径规划的快速控制器）。Vorndran 说，球形接头可能看起来是不错的选择，但对于大多

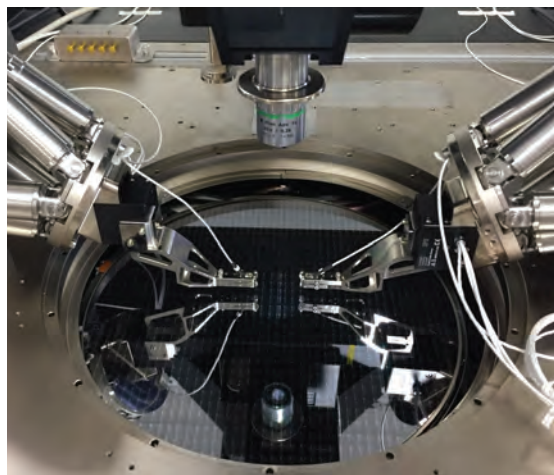


图1: PI公司制造的两个H-811微型六足位移台，安装在Cascade Microtech公司的硅光子晶圆探测器上，用于快速多通道并行校准(FMPA)。

数应用，由于其较低的刚度和方向依赖性，因此不建议使用。

在一个示例中，PI 公司的 H-811.i2 紧凑型六足位移台，提供 5nm 分辨率、34mm × 32mm × 13mm 的 x-y-z 轴行程和 20° × 20° × 41° 旋转行程，并且能以 20mm/s 的最大速度负载 5kg。它使用无刷伺服电机和低摩擦滚珠丝杠。目标应用是光学透镜、光纤以及硅光子（SiP）制造的对准。该 H-811 型号包含兼容 Ethercat 的控制器，可在内部处理所有坐标转换，以及用户可编程枢轴点和不同刀具 / 工件坐标系的数学运算。用于外部仪器的高速输入，例如光功率计和基于固件的快速校准程序，有助于加速自动校准过程。

由于需要优化光学吞吐量本身，SiP 器件的测试和封装需要的纳米量级对准，使用视觉或机械参考无法实现。SiP 设计通常包含多个输入和输出交互的并行光路，出于经济和物理原因，所有这些都需要同时进行优化。尺寸限制还要求对准装置尽可能小。Vorndran 说，像 H-811 这样的紧凑、低惯性六自由度运动系统，其机械、控制器和软件的组合，是从平面测试到封装推动 SiP 生产的关键（见图 1）。

HEXAPODS 的多种功能

六足位移台除了作为精密运动设备外，还有许多其他功能。美国 Moog CSA 公司生产六足位移台和其他多自由度运动控制系统，主要用于三类应用：精确定位、高频运动模拟以及振动隔离，该公司六足位移台产品经理 Ryan Sneed 介绍说。

精密定位六足位移台通常使用电机驱动的滚柱丝杠致动器，进行准静态定位或慢速跟踪，可以实现优于

1μm 和 1μrad 的分辨率。Sneed 表示，有效载荷的范围很广，从小型传感器到 5000kg 的大型地面望远镜的反射镜。运动模拟六足位移台采用音圈致动器，可产生频率高达几百赫兹的运动和扰动曲线。隔振六足位移台依靠采用几乎无摩擦的空气轴承的气动支柱，用于降低基座干扰引起的激光和光学系统的振动水平。它们可以在目标频段上实现 60dB 的隔离，并且没有通常隔离中软机械弹簧的由于重力引起的下垂。

Sneed 举了 Moog 公司的 HX-M350 高频运动模拟六足位移台的例子，该产品适合光学和光子学领域的一系列关键应用。音圈致动器支持高达 180kg 的有效载荷，同时实现 ±2.5° 的倾斜 / 倾斜旋转范围，以及 ±25mm 和 ±11mm 的横向和垂直平移范围。实时基于平台的控制，允许在独立的六足轴上进行控制系统调谐，而不是仅局限于致动器轴的更有限控制。反射存储器接口能够在导弹跟踪的硬件在环协同仿真过程中实现快速数据传输，在该过程中高频干扰复制飞行中的抖动条件。

HX-M350 还能模拟卫星光学传感器的六自由度在轨振动环境，而传

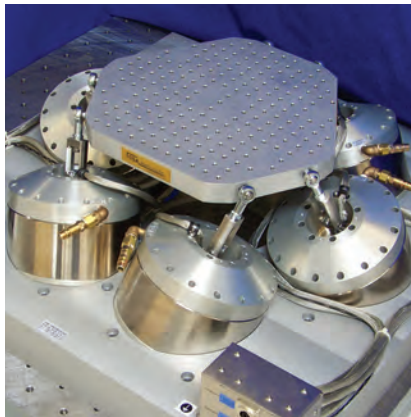


图2：Moog CSA公司的HX-M350是一款运动仿真六足位移台，可以模拟卫星光学传感器的六自由度在轨振动环境。

统振动器系统一次只能在一个线性轴上运动（见图 2）。Sneed 说，该技术还可以应用于测试相机图像稳定算法，或确保产品完整性等应用。

高热稳定性

法国 Symétrie 公司市场和销售经理 Anne Duget 介绍说，Symétrie 公司生产高精度定位和动态六足位移台，高度从 68mm ~ 4m。她解释说，精确定位系统用于以亚微米分辨率对准卫星或望远镜光束或反射镜中的镜子或样品；而能够模拟船只、卡车、坦克和飞机运动的运动系统，则用于测试能以 2m/s 的最大速度和 4g 的最大加速度运行的电光系统。有效载荷可以从几克到几十吨不等。“由于六足位移台有六个致动器，所以很容易将有效负载重量分散到它们上面。” Duget 说。

Duget 介绍，Symétrie 公司的高性能六足位移台 ZONDA 可满足高精度、重载荷和大行程的应用需求。ZONDA 六足位移台设计用于以 50nm 的分辨率定位高达 400kg 的有效载荷，x、y 轴的行程范围为 400mm，z 轴的行程范围为 300mm，θ_x、θ_y 和 θ_z 的旋转范围为 40°。Duget 补充说，由于它集成了不胀钢材料、线性绝对编码器和“特别刚性的接头”，因此具有很高的热稳定性。与钢（11μm/m/°C）或铝（23μm/m/°C）相比，不胀钢材料具有 1μm/m/°C 的极低热膨胀系数。

“ZONDA 六足位移台可用于真空或超净室环境，” Duget 说，“它通常用于校准空间光学仪器（Airbus Defence and Space 公司、Bertin Technologies 公司、Liege Space Center、图 3 所示的 OHB、Thales Alenia Space 等），或对准光路（例如欧洲同步辐射装置）中

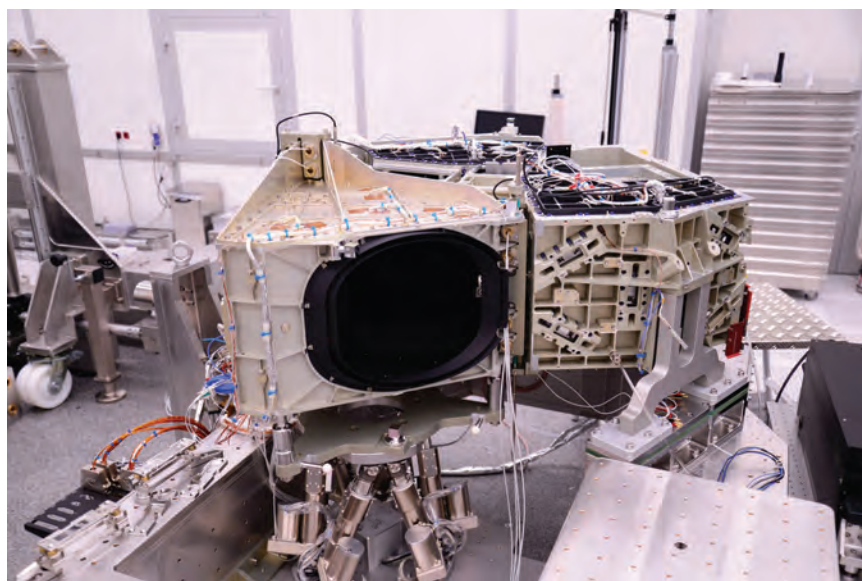


图3: Symétrie公司的ZONDA六足位移台集成了不锈钢材料和线性绝对编码器,因而具有很高的热稳定性。通常用于校准空间光学仪器;图为在OHB Systems AG公司的应用。

的反射镜或样品。”

并联运动

德国 SmarAct 公司生产一款具有并联运动排布定位器的类六足平台,该平台在三个 x-y 工作台具有六个线性平台。该公司 CEO Jorge Miguel 解释说,在每个 x-y 工作台上方,倾斜的被动导轨连接到运动球头,该球头又固定在 SmarPod 的顶板上。每个工作台 x-y 坐标位置的变化,导致每个球头的位置在 x-y-z 坐标中移动,从而改变顶板的线性和角度坐标。

选项包括非磁性材料、高真空 (10^{-6} mbar) 和超高真空 (10^{-11} mbar) 兼容性。各个线性平台的分辨率和可重复性指标 (1nm 分辨率, ± 25 nm 可重复性) 分别转换为全局 1nm 和 1 μ rad 的线性和角分辨率,以及顶板位置的 ± 200 nm 双向可重复性。其他指标包括 20mm/s 的最大速度, 5~10N 的典型负载能力,以及不同方向 (颠倒、可变) 的能力。

SmarPod 的 MCS 或 MCS2 控制

器,将用户发出的顶板目标位置转换为计算机计算的并联运动,并传输到六个线性定位器的各个位置。提供 LabVIEW 和 C++ 驱动程序,以及 SmarAct 公司自己的控制图形用户界面 (GUI)。

在圆柱对称的 SmarPod 中,六个线性平台由三个围绕系统轴、间隔 120° 对称排列的 x-y 平台组成。SmarPod 110.45 的典型行程范围为 ± 10 mm (x-y)、 ± 5 mm (z)、 $\pm 10^\circ$ (θ_x 和 θ_y) 和 $\pm 20^\circ$ (θ_z),取决于不同的型号。并联 SmarPod 包含并联排列的较长线性平台 (三个沿 x 轴,三个沿 y 轴),成对耦合以定位相应的球头。这使得系统增加 x 和 y 两轴的线性行程范围。SmarPod P-SLL 设计用于非常长的行程范围,x 轴行程长达 1200mm,三个 x 轴致动器是单个轨道上的滑块。Miguel 说,这对并联排布的多步操作尤其有用。

“SmarPod 110.45 是一款紧凑型多功能六自由度运动平台,特别适用于光学和光子学应用。” Miguel 指出,

“在各个定位器中使用我们的粘滑式压电电机技术和高分辨率编码器,它可实现 1nm/1 μ rad 的分辨率,行程范围为数十毫米/度。得益于紧凑的尺寸,它能够使用爬山算法执行自动对准操作,或在空间受限的环境中扫描多个方向。此外,选择旋转中心、并将其放置在例如光纤或准直透镜的尖端的灵活性,是光电子应用的重要特征,此类应用需要在最短的时间内实现发射器和探测器之间的最佳多维对准。”

Miguel 说, SmarPod 110.45 是 SmarAct 许多微装配站的主力。例如,该公司的快轴准直 (FAC) 透镜对准站,将其与夹具结合使用,从托盘中拾取 FAC 透镜并将其呈现在激光巴条前面。然后, SmarPod 主动在六自由度上对准透镜,优化对准指标 (例如近场和远场光束轮廓和强度、准直等),直到它们达到最佳状态。使用 UV 固化胶和 UV 二极管将透镜固定到激光巴条上,确保固化过程不影响对准。“这个系统可以与辅助取放装置和夹具结合,形成完整的微装配生产线,只需要最少的操作人员监督,” Miguel 说。

混合六足位移台

美国 ALIO 公司从 18 年前开始生产传统的由压电马达驱动的六足位移台。从那时起,大约五年前,ALIO 公司设计并制造了所谓的混合式六足位移台 (HH),该公司创始人兼首席执行官 C. William Hennessey 表示,该位移台拥有多项专利。在 HH 中,线性电机三脚架安装在纳米精度的线性 x-y 运动系统上,用于五轴运动,或者通过添加旋转台提供完整的六轴运动 (见图 4)。该设计的行

程可从 10mm 扩展到米级。

“欧洲的传统六足位移台具有微米级的回退，在精确度规格表中没有考虑这点，但实际上需要考虑该点，因为六足位移台的腿每次移动时都处于压缩和张力的状态。”Hennessey 说，“ALIO 公司的 HH 在工作区的所有区域都具有 100nm 的 3D 精度，而从传统六足位移台的单向 z 轴运动数据表中可以推断，其精度在数百微米（非纳米）量级。”HH 可从 10mm 扩展至 1m；工作区域内的典型 3D 点重复性优于 100nm，Hennessey 说道。

至于应用，Hennessey 介绍了 4K 镜头（为分辨率为 4K 的相机准备的镜头）的组装，这是 HH 精密装配能力的完美示例。“对于高端 4K 镜头和未来的 5K 镜头，它可能是唯一能够完成这些任务的运动系统，因为 5K 分辨率需要更高的精度。”他说，“ALIO 的真正胜利是在酝酿中的 5K 镜头组装，我们的 HH 将是唯一能够完成该任务的精密平台。我认为 5K 不是主流的部分原因，是制造商正试图用旧的 4K 运动系统完成此任务。”

Hennessey 解释说，4K 镜头有一个精密的曲率镜头需要粘合到 CCD 上。“ALIO 公司的 HH 解决的问题，是以与透镜相同的曲线精确旋转镜头，以找到实现最佳装配所需要的精度和刀具中心编程，然后以工具中心精度（TCP）移动到粘接点，改变坐标系，进行运动以完成粘合。欧洲制造的六足位移台缺乏改变坐标系的 TCP；因此，它们只能通过每次一个轴进行不规则运动到达粘点，这会导致由于不精确的粘合位置而破坏装置和 / 或降低产量。”

六足位移台有一个误差商数会叠加到每个轴上。Hennessey 指出，HH

的 x 轴移动只会产生一个轴的误差，而不是所有六个轴都产生误差，因此可编程路径运动或移回到最佳光路，提供比任何五轴或六轴运动平台高出数量级的精度。像透镜和 CCD 装配这类在单个编程应用中涉及多个工具中心点的问题，HH 能以纳米精度无缝解决。

六足位移台在指向应用中表现出众

美国 Aerotech 公司生产的六足位移台具有六自由度定位和两种尺寸：较大的型号（HexGen HEX500-350HL）定位高达 200kg 的负载，而较

a)



b)

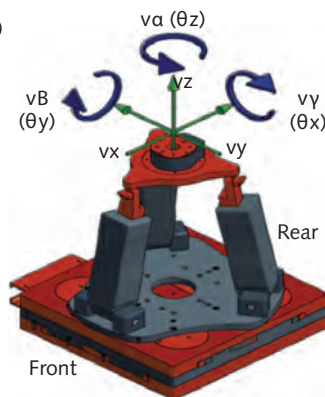


图4：ALIO公司生产的混合式六足位移台（a），以及混合式六足位移台的六个运动自由度（b）。

小的型号（HexGen HEX300-230HL）定位高达 45kg 的负载，该公司业务拓展经理 R. J. Hardt 介绍说。两者均由六个独立的支柱驱动，这些支柱由预负载轴承和滚珠丝杠构成。较小型号的线性行程为 110mm，角度行程为 40°，x、y 和 z 轴的最小增量运动为 20nm， θ_x 、 θ_y 和 θ_z 为 0.2 μ rad。较大型号的线性行程为 60mm，角度行程为 30°，x、y 和 z 轴的最小增量运动为 20nm， θ_x 、 θ_y 和 θ_z 为 0.2 μ rad。

“HEX500-350HL 非常适用于 x 射线衍射、传感器测试和高强度设备操作，”Hardt 说，“它由交流无刷伺服电机驱动，可最大限度地延长

设备使用寿命和性能。与使用皮带、齿轮箱或柔性联轴器的竞争设计相比，它的伺服电机直接连接到致动器滚珠丝杠，从而提供了更高的驱动刚度、更高的定位精度和更好的最小增量运动。支柱枢轴接头工程上用于提供低摩擦和高刚度。”

Hardt 解释说，HEX500-350HL 在测试传感设备时特别适用于指向应用。该装置需要六足位移台来定位装载有传感器的 1m 长的切线臂。使用 Aerotech 公司的运动控制器、校准技术和运动刀位点命令，可以在感兴趣的点以几微米的精度操控传感器。根

据 Hardt 的说法，如果没有这种方法，用户将被迫部署更复杂、更昂贵的基于串联运动的系统。

适用于各种用途的六足位移台

Newport 公司生产的六足位移台分为三大类：高精度、高准确度和高负载。高精度版本轻巧坚固，没有移动电缆。高准确度六足位移台具有保证的 x、y 和 z 轴准确度，并保证了轴向运动时的俯仰和偏航偏差。高负载六足位移台具有高达 450kg 的中心负载能力，同时具备高速和长范围行程。该公司还生产控制器，以及真空兼容的六足位移台版本。□

开展与光子相关的业务是一项好生意

——访滨松公司总裁兼首席执行官Akira Hiruma先生

文/Conard Holton, LFW资深编辑

2018年11月,我受邀参加滨松公司为期三天的Photon Fair活动,这项活动每五年举行一次,是滨松公司着眼于其技术和未来愿景的重大活动。除了成千上万的客户、供应商和学生参加了这次活动外,该活动还有一天向公众开放,主要是展示一些刚从滨松公司的研究实验室中诞生的新技术,以及这些技术将如何影响从生命科学到运输、制造等诸多领域。



滨松公司总裁兼首席执行官Akira Hiruma

Photon Fair活动包括几十场技术研讨会,有行业内的很多高管前来演讲,其中包括丰田汽车公司高级研发与工程公司执行总经理Ken Koibuchi、加州大学欧文分校的Bruce Tromberg(其就用于个性化健康的可穿戴设备和床边设备发表了演讲)。滨松公司总裁兼首席执行官Akira Hiruma就基于光子学的下一代创新发表了开场主题演讲。我很高兴在Akira Hiruma演讲结束后采访了他,请他分享了成功经营一家光子学组件公司的一些经验与感悟。

Conard Holton:我在Photon Fair中看到了许多非常有吸引力的技术,其中很多技术对我而言都是新的。你个人最感兴趣的是什么?

Akira Hiruma:我个人最喜欢的是iPMSEL(可积相位调制面发射激光器, integrable phase-modulating surface-emitting lasers),它们真的是让我感到非常兴奋的产品,有很多非常有前途的应用。并不止这个产品本身有趣,它的开发过程也非常有趣。通常,我们的中央研究实验室都是由集团领导决定要进行哪个项目。但在这个案例中,我们征求了年龄在40岁以下的年轻工程师的意见,希望他们能提出一些可以改变世界的看法,并且让他们一起参与

这个项目。我们的优势是既生产激光器又生产空间光调制器,我们可以将它们封装在一起。因此,我们对这个产品既兴奋又充满信心。

Conard Holton:工程师向我演示的应用是一种电影,它真的很有未来感,但这有可能实现吗?

Akira Hiruma:这实际上就是我们的方法。我们为这项研究设置了一个非常高的目标——我们将创建一个不用玻璃的3D显示。它很难,但在这一路上你会发现其他应用。你说它很有未来感?是的,这是我希望我们的研究人员要具备的一种思维和能力:设定一个高目标,然后在实现这个目标的路上,顺便发现未知的新应用。它也许是带胶囊内窥镜的激光手术刀,具体是什么,我们也不知道。

Conard Holton:在工作上,你是如何平衡应用开发与核心技术研发的?

Akira Hiruma:我总是告诉人们,通常,行业就像金字塔一样,一些大公司在上面,然后二、三级供应商支持它。但是,光子学应用行业是一种倒金字塔,我们处于底部——底层客户利用我们的器件制造模块,然后系统构建者利用模块构建系统。在顶层,应用行业变得十分巨大。我们只是一家年收入约12亿美元的公司,我们40%的收入来自医疗设备制造商,这是一个巨大的行业。这就是为什么我们最重要的增长途径是扩大应用领域了。

虽然我们处于金字塔的底部,但是我们的产品性能直接影响到我们客户的系统的性能。为了让系统构建者提高他们的性能,他们需要我们的帮助,这就需要我们不断深入研发工作。

Conard Holton:那么,你如何满足客户的需求呢?

Akira Hiruma:当然,我们必须与客户进行日常沟通,但是客户并不总是知道他们的未来需求。我认为答案之一



滨松公司举办的Photon Fair，每五年一次，主要展示滨松公司的众多新技术和未来愿景。

是关注大学里的一些初创公司，因为他们所做的事情是努力寻找一种新方法来解决行业种的问题。因此，为了投资这些公司，我们已经创建了一个 1000 万美元的企业风险投资基金，我们的投资在 10 万美元级别。虽然投资很小，但是对于一家初创企业来说，已经是非常有价值的种子资金了。如果这些初创公司的应用非常有趣，并且启动情况也令人满意的话，我们愿意派工程师前来与他们一起工作。

滨松公司成立于 1953 年，当时也是一家创业公司，但现在我们的新员工认为我们是一家大公司，这不是我希望年轻工程师拥有的心态！我想让他们体验 65 年前的那种感觉。我鼓励年轻人创业，如果你幸运的话，会成为每个创业公司中成功的那一个；当然失败也不足为奇，你还可以回来帮助滨松领导内部的创新项目。

Conard Holton：去年，滨松收购了紫外光源制造商 Energetiq Technology 公司。你还有更多地收购计划吗？

Akira Hiruma：我们正在寻找很多投资机会，但我们不想依赖外部投资。我们还想创造一种内部创业氛围。虽然滨松公司是一家面向全球销售的日本公司，但我想扩展我们的研究人员和工程师的思维，鼓励他们“走出去，去看看美国或欧洲发生了什么！”

Conard Holton：你看到的许多挑战似乎都与培养企业家意识有关，是这样吗？

Akira Hiruma：是的，但我不想被误解。我们可以企

业家意识进行投资，因为我们的核心业务利润丰厚。事实上，我们也一直在投资。例如，我们最近对一家化合物半导体制造厂投资了 1 亿美元。我们的几个部门都可以使用它。我们希望不断提高我们生产最佳和最具成本效益的产品的能力。如果激光雷达市场真的起飞，我们将不得不大大提高我们的制造能力，对这个新工厂的投资，也是为了适应这种增长需求。

Conard Holton：你在考虑制造整个激光雷达系统吗？

Akira Hiruma：不，我们希望提供关键性技术：我们有激光器、镜片和传感器。它们不仅适用于汽车，也适用于无人机。我们能根据客户需求提供定制波长。

Conard Holton：你在用一种非常长远的观点看待未来。那么，你面临的最大挑战是什么？

Akira Hiruma：无论是短期还是长期，我们都是一家工程公司。我们非常擅长研发，并生产出最好的产品，但是价格也较高。为此，我们必须做出改变，使我们能制造出非常可靠的、成本效益高的产品，并且要提供更快的交货速度。

我们还必须意识到，在未来，通过软件来实现性能提升会非常迅速，低质量传感器的一些不足可以通过软件来弥补，并且可能足以满足客户未来的需求。因此，我们需要进入深度学习（人工智能）领域，但并不是开发人工智能架构，而是学习如何利用人工智能让我们更有优势。□

Conard Holton，拥有 25 年的科技编辑和写作经验。他在纽约州能源研究与发展局和国际原子能机构等政府机构以及 Bechtel 等工程公司任职。Conard 于 1997 年加入 Laser Focus World，担任高级编辑；2003 年，他加入 Vision Systems Design 担任总编辑，同时继续担任 Laser Focus World 的特约编辑；并于 2011 年 8 月接任 Laser Focus World 总编辑直至 2018 年 8 月。目前，他担任 Laser Focus World 资深编辑，并担任“激光与光子学市场研讨会（Lasers & Photonics Marketplace Seminar）”主席。Conard 拥有宾夕法尼亚大学学士学位，并在美国西北大学梅迪尔新闻学院深造。

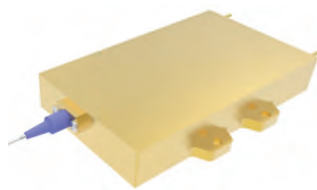


180W 135μm和280W 200μm 976nm光纤耦合半导体激光器

长光华芯发布自主研发的 180W 135μm 和 280W 200μm 两款 976nm 光纤耦合半导体激光器。这两款产品具有输出功率高、光束质量好、体积小、质量轻、免维护、使用成本低、性能稳定等优点，可应用于光纤激光器泵浦、科研等领域。

产品输出光纤的数值孔径 (95%) 最小可达 0.16，能有效解决光纤熔接时的泄露光问题。另外，通过自主研发的高功率半导体激光芯片和优异的光学设计与优化，长光华芯完成了同类产品中的更高功率的可靠输出，很大程度上降低了单瓦功率成本，为客户的使用带来更多优惠和便利。

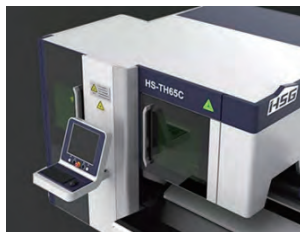
长光华芯, www.everbrightphotonics.com



新一代激光切管机

宏山激光发布新一代的激光切管机——HS-TH65C，这是其专业激光切管机 HS-TH65 的二代全新升级版。

HS-TH65C 的主要亮点包括：升级了切割工艺，机身运行与切割速度提升至 TH65 的 140%。机身运行速度达 100m/min，节省更多时间成本，大大降低用户批量生产的出货压力；采用双卡盘设计，可实现自动装夹、自动定心，让大、小管之间切换变得更加从容，操作更简捷；双卡盘搭配 HSG 专属切割头，可实现卡盘两侧的交换切割，零废料品质让生产更省料环保；为专属切割头量身定制的双开门设计，可根据操作监控需求随心开放，更便于设备监控与操作。



TH65C 的生产研发与设计严格遵循 CE 标准。

宏山激光, www.fshsl.com

工业级紫外飞秒激光器

武汉安扬激光正式发 布 FemtoYLTm-UV 高功率紫外飞秒激光器，它是基于光纤 CPA 技术的工业级紫外飞秒激光器，核心器件全部由安扬激光

自行研发和生产。

该激光器采用被动锁模光纤振荡器产生飞秒脉冲，该振荡器设计成全光纤结构，可靠性高，寿命长。该激光器采用基于光纤的啁啾脉冲放大和三次谐波产生技术产生紫外波长的飞秒脉冲，可在 343nm 波长输出脉宽 300fs 的超短脉冲，平均功率高达 30W，脉冲能量高达 60μJ，重复频率 500kHz~5MHz，光斑模式优良，提供稳定可靠的 24×7 操作，维护简单方便。

该激光器支持 Burst 模式和同步位置输出 (PSO) 功能，能满足大多数工业应用的需求，将为国产化高端显示屏制备以及半导体产业制程提供新利器。

安扬激光, www.yslphotonics.com

欧司朗发布两款新VCSEL用于3D传感市场

欧司朗光电半导体发布了

Bidos 产品系列的最新两款产品

PLPVCQ 850 和 PLPVCQ 940。

新款 VCSEL 的应用领域不仅包括机器视觉或人脸识别，还可应用于物体或建筑扫描，即 3D 绘制空间，并在这个空间里放置虚拟家居或其他物品。这项应用为空间设计节约了大量时间和成本。

这两款 VCSEL 采用紧凑型黑色封装，尺寸仅为 2.40mm × 3.30mm × 1.20mm。根据需求，客户可以选择 2W 的元件和其需要的波长——850nm (PLPVCQ 850) 或 940nm (PLPVCQ 940)。红外光束借助特殊的微透镜阵列成形，为视场角 (FOV) 提供非常均匀的照明。

欧司朗光电半导体, www.osram.com.cn

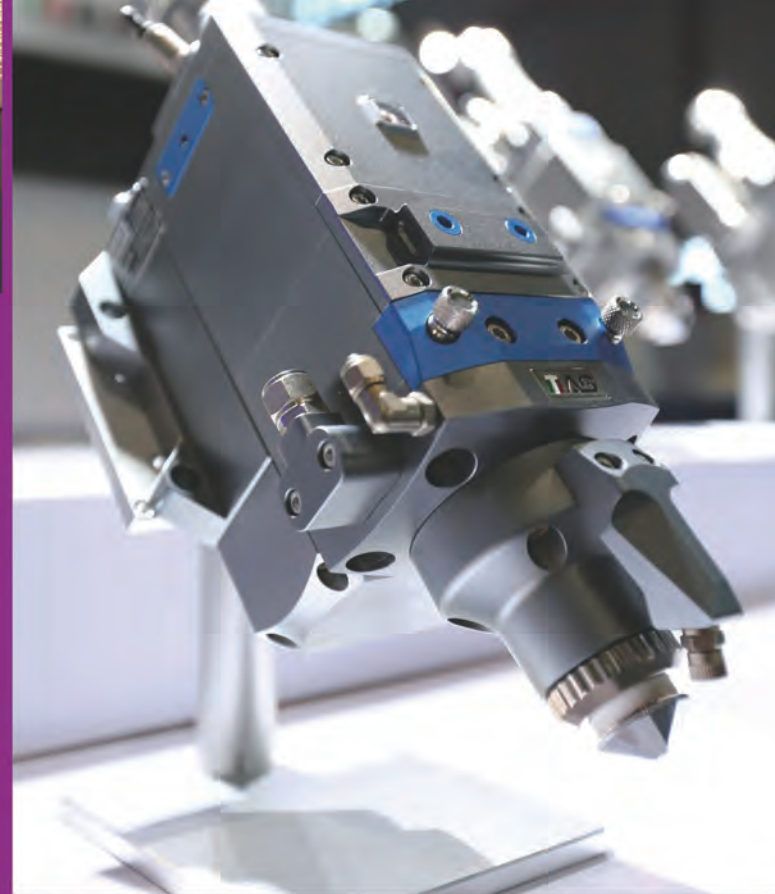
nLIGHT高性能10kW光纤激光器

nLight 公司推出功率达 10kW 的光纤激光器 CFL-10000，适用于各种材料加工应用。激光器采用最新的光学技术和耐用的组件设计，可实现最长的正常运行时间和高运行效率，降低生产成本。

其他主要产品包括：(1) 背反射保护功能：对反射金属进行不间断的故障保护处理，而不损坏激光器；(2) 优异的可维护性：模块化设计简化了维修，最大限度地延长

40 Jan/ Feb 2019

www.laserfocusworld.com.cn Laser Focus World China 激光世界



LFSZ

LASERFAIR SHENZHEN

中国(深圳)激光与 智能装备博览会

2019年5月8-10日
中国·深圳会展中心
Hall 7 & Hall 8 & Hall 9
www.laserfair.cn

激光
荡联
未来
万物

激光加工
应用技术

激光器与
发光元件

光学与
精密光学

集成
自动化



Deutsche Messe



FIERA MILANO

汉诺威米兰展览(上海)有限公司

联系人: 孔令国 先生/刘秀敏 小姐/郑悦 小姐/黄雯 小姐

电话: 021-50456700-222/226/284/246



Deutsche
Messe



FIERA MILANO



汉诺威米兰星之球展览(深圳)有限公司

联系人: 陈金生 先生/谢阳朋 先生/邵如华 先生

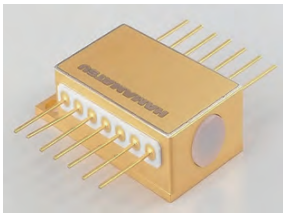
电话: 0755-23207500-815/813/816

了正常运行时间；(3) 专为坚固耐用而设计：确保在恶劣的制造环境中持续运行；(4) 先进的电子设计：通过较小的热影响区域提供更快穿孔和精细特征处理；(5) 多种光纤选项：可选择 100~300 μm 光纤，可实现多种应用。

nLight, www.nlight.net

室温工作的小型太赫兹差频量子级联激光器

滨松中国以独创的反交叉双重高能态结构，首次成功开发出室温下工作的单一芯片太赫兹波光源——太赫兹差频量子级联激光器 (QCL)，它有望应用于科研成像或以药物为代表的有机物光谱分析上。



该 QCL 通过滨松独特的发光层结构，无需制冷，是世界上首个可在室温工作的太赫兹 QCL。因为可以在室温下工作，所以不像市场上销售的其他太赫兹 QCL，需要制冷系统在液氮温度 (-196 $^{\circ}\text{C}$) 进行冷却，体积减少到原来的 1/2000，重量减小到原来的 1/500，是世界上体积最小的太赫兹 QCL。

滨松中国, www.hamamatsu.com.cn

适用于工业生产线上激光功率计

LaserPoint 公司的 Fit 系列全自动手持式激光探针，专用于测量中低功率的激光。Fit 功率探针是基于热电堆探测器的温度动态专利技术；测量和数据采集都是全自动的，这样就避免了用户操作失误造成的误差。



三款型号覆盖 500mW~500W 的功率范围。创新的测量理念下形成的 Fit 探针，可以在 4s 内获得高重复性 ($\pm 1\%$)、高准确度 ($\pm 3\%$)、高分辨率 (50W 量程下分辨率为 $\pm 60\text{mW}$) 的功率读数 (最低可测满量程的 1%)。

Fit 功率探针的 LCD 显示屏，可同时显示功率、选择的波长、探针型号和电池电量报警等信息。移动的柱状条显示探针的实际温度，让使用者能了解探针是否需要冷却。

Fit 探针测量准确，使用方便，价格经济，更适合用于工业生产线上。

LaserPoint, www.laserpoint.eu

光束模式可调的高功率光纤激光器

IPG 的 YLS-AMB 光束模式可调激光器，可提供高达 20kW 的总输出功率，并可自动调节输出光束模式参数。



输出光束模式的独立可编程调节，适用于小光斑高强度亮芯与较大环形光束的任意组合，可以处理更宽范围的材料厚度，提高穿孔和切割速度及质量，并且不需要外部自由空间光学器件就可以优化焊接性能，如光学开关、变焦处理头和以前需要支持这种灵活性的其他外围设备。

其他主要特征包括：易于过程优化和自动化；中央核心功率高达 12kW；无需外部光学器件来调整 BPP；免维护操作；40% 壁式插头效率；不同最优 BPP 应用之间的快速自动切换。

YLS-AMB 光纤激光器可以实现对厚度和薄度材料进行最佳处理。

IPG Photonics, www.ipgphotonics.com

V-738 PIMag 精密 XY 位移平台

V-738 PIMag 精密 XY 位移平台，是一款高精度、高可靠性的定位系统，带有通光孔径，采用磁力直接驱动。

三相磁性直接驱动器在动力传动系统中未使用机械零件，可直接将驱动力传输至运动平台，且无摩擦。驱动器可实现高速度和高加速度。无铁芯电机非常适合对精度有超高要求的定位任务，因为其不会与永久性磁铁发生不良作用。这样即使在最低的速度下也能保持平稳运行，同时，在高速状态下也不会产生振动。避免了控制的非线性行为，并且每个位置都很容易控制。驱动力可任意设定。

具备高分辨率增量线性编码器，能以极高的精度直接在平台上测量位置。非线性效应、机械作用或弹性形变不会对测量造成影响。

主要特征包括：提供 102mm $\times$ 102mm(4") 的行程；150mm $\times$ 150mm 大孔径；单向重复精度达 0.1 μm ；速度达 500mm/s。



应用领域包括医药行业、激光切割、扫描、生物技术、计量、AOI 及显微镜应用。

PI, www.pi-china.cn

激光聚会

激光技术助力制造业迈向智能化

苏州（6月） 深圳（9月）

苏州会议 议题

- 激光精密加工市场分析
- 超快激光微加工技术进展与市场
- 紫外激光的发展及在精密加工中的应用
- 具备在线质量监控的精密激光焊接及切割技术
- 高功率光纤激光器在精密加工领域的最新进展
- 高功率半导体激光器的直接应用
- 非金属/脆性材料加工
- 蓝宝石/显示屏盖板/脆性材料的精密切割
- 铜、铝等高反材料的精密加工

深圳会议 议题

- 超快激光微加工技术及应用
- 视觉引导的三维激光加工
- 实时精密焊接监控与跟踪技术
- 与机器人结合的精密激光加工系统
- 高反/异质金属材料的激光焊接
- 非金属/脆性材料加工
- 高功率半导体激光器的直接应用
- 动力电池的精密焊接解决方案
- 智能精密激光切割系统 面向 3C
- 制造应用的激光加工解决方案



报名咨询:

姚丽莹 Hatter yao hattery@actintl.com.hk

86-21-62511200 / 139 1771 3422

主办单位:



大会媒体:

激光世界
LaserFocusWorld China

Advertiser	广告商名称	网址	页码
AEROTECH INC.		www.aerotech.com	BC
贝林激光		www.bellinlaser.com	3
CASTECH INC.		www.castech.com	25
CAMBRIDGE TECHNOLOGY		www.CambridgeTechnology.com/zh	1
CIOE	第21届中国国际光电博览会	www.cioe.cn	29
Edmund Optics China		www.edmundoptics.cn/118-8615	13
华芯光电		www.everbrightphotonics.com	17
Jenoptik Optical System GmbH		www.jenoptik.com.cn/laseroptics	11
LASERFAIR SHENZHEN	中国(深圳)激光与智能装备博览会	www.laserfair.cn	41
Pinnacle Scientific	顶尖科仪	www.psci.cn	27
Santec		www.santec.com.cn	IFC
Wuhan Yangtze Soton Laser Co., Ltd.	安扬激光	www.yslphotonics.com	IBC

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文章。只有文章内容需要或主题相关时，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交到编辑部。
- 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

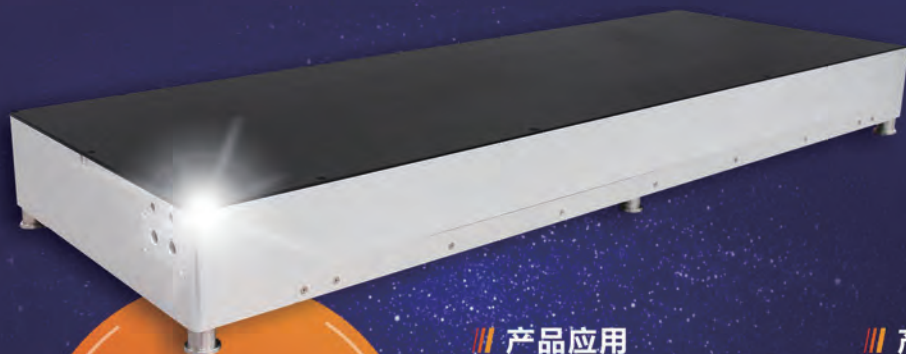
Dan Aronovic
aronovic@actcom.co.il
Tel: 972-9-899-5813

慕尼黑上海光博会

LASER PHOTONICS CHINA

上海新国际博览中心
2019年3月20日—22日

欢迎光临我们的展位
W1.1538



**100W
飞秒光纤
激光器**

/// 产品应用

- 激光与材料的微纳加工
- 玻璃、蓝宝石等透明脆性材料加工
- FPC LCP材料加工
- PI/PET材料加工
- 薄金属材料加工
- 硅/碳化硅材料加工

/// 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/Burst** 功能
- **515/343nm** 可选

/// 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**

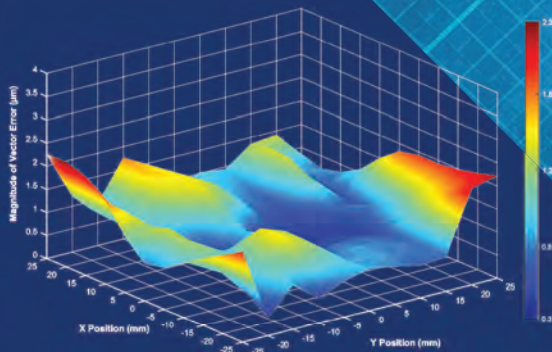


无与伦比的定位性能

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

HexGen™六自由度定位平台是具有大负载、
高速度和超高定位精度需求的理想选择。
HEX500-350HL具备无与伦比的定位精度
(直线定位精度是 $\pm 0.5 \mu\text{m}$, 角度定位精度
是 $\pm 2.5 \mu\text{rad}$) 和定位分辨率(直线轴分辨率
是 20nm , 角度分辨率是 $0.2 \mu\text{rad}$)。简而言
之, HexGen™系列是六自由度定位平台市场上最
好性能的产品。

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



在XY平面Z方向的三维矢量精度误差为0 毫米



www.aerotech.com • +86 (21) 5508 6731