光 学 和 光 电 子 产 业 的 主 导 刊 物

激光世界

LaserFocusWorld® China

www.laserfocusworld.com.cn

2015年9/10月 第5期

ISSN: 1817-6917



材料改进将激光玻璃带入主流应用 11

激光器功率测量：时间就是金钱 24

纳秒脉冲激光器的金属打标应用 30

超快科学激光器进一步拓展其应用 36

ACT

PennWell®



NEW Release!

4020RX

2-Dimensional Laser Processing Systems

可靠 Reliable

精炼 Refined

革新 Revolution

上海工博会 11月3日~7日 2H-E157

http://cn.MitsubishiElectric.com/fa/zh/

二氧化碳二维激光加工机

可对应 4×2M工件

提高生产效率

新型穿孔、FAB控制以及F-CUT技术大幅缩短加工时间

运行成本降低

新型条件、eco模式以及新型清洁技术大幅降低了能耗

现场应对灵活

简易嵌套、残材分解以及一键式2次切割极大方便了操作者

官方微博 官方微信

三菱电机自动化(中国)有限公司
MITSUBISHI ELECTRIC AUTOMATION (CHINA) LTD.
地址: 上海市虹桥路1386号三菱电机自动化中心, 200336
电话: (021)2322 3030 传真: (021)2322 3000
400-821-3030

MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

注：QR码为DENSO WAVE INCORPORATED在日本及外国的注册商标

BWT BEIJING
北京凯普林光电

高功率高亮度泵浦源系列

固体和光纤激光器的

高端泵浦源



产品线丰富：

- 793nm /15W-80W
- 808nm /15W-100W
- 9xxnm /50W-*200W*

北京凯普林光电科技有限公司
地址：北京市丰台科技园区航丰路甲四号
http://www.bwt-bj.com
产品与技术咨询：
电话：010-83681052
邮箱：sales@bwt-bj.com

ILOPE-2015
www.ilope-expo.com
2015年10月14-16日，中国国际展览中心（三元桥）
欢迎莅临凯普林光电展位：**#3307**

laservision
您的安全您做主！
Your security that you call the shots
美国Laservision公司具有超过30年的激光防护设备生产经验，可以为您提供激光防护设备的一站式解决方案。
激光防护眼镜
• 数十种激光防护镜片可选；
• 防护波长从深紫外到远红外，总能适合您；
• 提供业界最高的防护值：OD10+；
• 多达20种镜框可选，满足您不同的佩戴需求；


激光防护墙
• 多种材质，多种设计可选；
• 提供业内超高防护标准：100s@300W/cm²


激光防护玻璃
• 多种防护材料可选，可满足您的不同防护需求；
• 防护波长从深紫外到远红外；
• 提供业界最高的防护值：OD10+；


TEO 先锋科技
北京金先锋科技有限公司
010-62634840 www.teo.com.cn

目 录

市场风向标
- **SPIE 上调全球光电子市场规模至 1820 亿美元** 6
- **2019 年超快激光器市场总额将超过 14 亿美元** 7
- **全球半导体激光器市场有望在 2020 年超过 76.9 亿美元** 7

封面故事
- **光学制造**
  材料改进将激光玻璃带入主流应用 11

光子学前沿
- **非激光源回顾与展望**
  LED、灯泡及其他非激光光源 15

应用天地
- **气体激光器**
  一氧化碳激光器瞄准高功率应用 20
- **特种光纤**
  中红外空芯光纤助力光谱学应用 21
- **激光功率测量**
  激光器功率测量：时间就是金钱 24
- **空芯光纤**
  空芯玻璃光纤同时传输用于手术的 CO_2 激光束和瞄准光束 28
- **光纤激光器**
  纳秒脉冲激光器的金属打标应用 30

技术中心
- **非线性光学**
  非线性晶体实现超窄线宽频率转换 32
- **激光泵浦光源**
  四组 800 kW 激光二极管阵列泵浦 34
  高脉冲重复频率的 HAPLS 拍瓦激光器
- **超快科学激光器**
  超快科学激光器进一步拓展其应用 36

编者的话 4
行业动态 5
前沿简讯 8
产品撷英 42
广告索引 44

激 光 世 界
LaserFocusWorld China
2015 年 9/ 10 月 第五期

关于《激光世界》

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

《激光世界》采用简体中文印刷，双月刊，每期发行量超过 8,600 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。

www.laserfocusworld.com.cn

CONTENTS

market watch

- SPIE ups value of global photonics trade to $182 billion 6
- Ultrafast laser market will exceed $1.4 billion by 2019 7
- Global diode laser market sales to reach $7.69 billion by 2020 7

cover story

- **Optical Manufacturing**
  Material improvements bring laser glasses into mainstream applications 11

photonic frontiers

- **Non-laser sources: Looking back/Looking forward**
  LEDs, lamps, and other non-laser sources 15

applications

- **Gas Lasers**
  Carbon monoxide laser aims at high-power applications 20
- **Specialty Fibers**
  Mid-IR hollow optical fibers assist spectroscopy applications 21
- **Laser Power Measurement**
  Laser power measurement—Time is money 24
- **Novel Optical Fiber Applications**
  Hollow glass fiber for CO_2 laser surgery has coincident aiming beam 28
- **Fiber Lasers**
  Nanosecond pulsed laser shows potentials in metal marking applications 30

technologies center

- **Nonlinear Optics**
  Nonlinear crystal does supernarrow-linewidth frequency conversion 32
- **Laser Pump Sources**
  Four 800 kW laser-diode arrays to pump high-pulse-rate HAPLS petawatt laser 34
- **Ultrafast Scientific Lasers**
  Ultrafast scientific lasers expand on their legacy 36

editor's notes 4
industry updates 5
leading edge snapshots 8
products highlight 42
ad index 44

激 光 世 界
LaserFocusWorld® China

Sep/ Oct 2015 Issue 5

About Laser Focus World China

Published since 2005, Laser Focus World China, the Chinese editionof the world famous Laser Focus World magazine, is the professional magazine for engineers, researchers, scientists, and technical professionalsin China. It provides comprehensive global coverage of optoelectronictechnologies, industrial and R&D applications, and market information. The editorial content licensed exclusively from Laser Focus World magazine is supplement by content generated by our own editors in China.

Laser Focus World China is published every other month in simplified Chinese and distributed to over 8,600 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.

Zolix 卓立汉光
www.zolix.com.cn
卓 立 现 在 着 眼 未 来

精密位移解决方案



高稳定工业专用调整架



精密隔振光学平台



优质光学元件



北京卓立汉光仪器有限公司
地址：北京市通州区金桥产业基地
联东U谷中试区68号B座
电话：010 56370168
传真：010 56370118
邮箱：info@zolix.com.cn
网址：http://www.zolix.com.cn

官方微信

激 光 世 界
LaserFocusWorld® China

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

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

特约编辑
In My View Jeffrey Bairstow
电邮 inmyview@yahoo.com
Industrial Lasers David A. Belforte
电话 (1) 508-347-9324
电邮 belforte@pennwell.com
Valerie Coffey
电话 (1) 978-263-4485
电邮 stellaredit@gmail.com
Photonic Frontiers Jeff Hecht
电话 617-965-3834
电邮 jeff@jeffhecht.com
Imaging Conard Holton
电话 (1) 603-891-9161
电邮 cholton@pennwell.com
Europe D. Jason Palmer
电话 (44) 7960 363308
电邮 djasonpalmer@gmail.com

尖端技术部市场总监 Adrienne Adler
美术编辑总监 Suzanne Heiser
高级绘图 Chris Hipp
制作经理 Sheila Ward
广告协调员 Steve Archer
客户开发经理 Debbie Bouley

PennWell®

尖端技术部通讯与光电子分部
集团出版人 Christine A. Shaw
电话 (1) 603-891-9178
电邮 christines@pennwell.com
副出版人/总编辑 Stephen G. Anderson
电话 (1) 603-891-9320
电邮 stevega@pennwell.com
高级编辑 John Wallace
电话 (1) 603-891-9228
电邮 johnw@pennwell.com
高级编辑 Gail Overton
电话 (1) 603-305-4756
电邮 gailo@pennwell.com
管理编辑 Carrie Meadows
电话 (1) 603-891-9382
电邮 carriem@pennwell.com
执行助理 Katherine McIntosh
电话 (1) 603-891-9224
电邮 katherinem@pennwell.com

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

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

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

ISSN 1817-6917
© 2015 版权所有 翻印必究

丰富的光源产品

《激光世界》杂志在内容方面不但关注各种激光源，而且也关注其他一些与激光相关的光源产品。本期的光子学前沿栏目中，作者便与读者一起分享了泵浦闪光灯、LED 等非激光光源的发展及应用过程中，被行业历史所记载的一个个精彩时刻和动人故事。文章最后还总结了当前和未来的光源产品，特别介绍了泵浦闪光灯、等离子体极紫外光源、超连续谱光源和 LED 光源目前所面临的问题以及未来有望赢得的市场机会。

市场研究公司 Strategies Unlimited 近期发布了一份关于“超快激光器市场分析与预测”的调查报告。报告指出，虽然超快激光器在整个激光器市场中占据的市场份额相对较小，但是其增长速度却是整个激光器市场增长速度的两倍。超快激光器正在工业和科学研究等众多领域迎来越来越多的应用舞台。本期的技术中心栏目中，《超快科学激光器进一步拓展其应用》一文，作者重点介绍了超快光纤激光器、钛宝石激光器方面的最新产品，以及这些产品在科研领域的潜在应用。

相比于广为熟识的 CO_2 激光器，关于 CO 激光器的报道并不多，尽管它也是与 CO_2 激光器一同发展的一项激光技术。然而近期美国相关公司发布的一款 CO 激光器，让人们开始关注这种比 CO_2 激光器效率更高的气体激光器产品。本期应用天地栏目中的《一氧化碳激光器瞄准高功率应用》一文，读者将了解到 CO 激光器为何具有吸引力、面临的挑战、最新技术进展、在材料加工领域的主要优势以及用于玻璃切割的案例。

光纤光学领域也有新的进步。众所周知，中红外激光在光谱学领域有着重要的应用，但是中红外激光的传输却遇到很多难题。在应用天地栏目中，《中红外空芯光纤助力光谱学应用》一文介绍了 OptoKnowledge 公司制作的可工作在 2~14 μm 波段空芯光纤以及其所实现的几种光谱应用。另外，《空芯玻璃光纤同时传输用于手术的 CO_2 激光束和瞄准光束》一文介绍了专门为 CO_2 激光器在外科手术中的应用而设计的空芯玻璃光纤，是如何做到能同时传输手术用的 CO_2 激光和瞄准光束的。

此外，本期内容还包括纳秒脉冲光纤激光器在金属打标中的应用、高效的激光器功率测量、激光玻璃材料的改进及应用、以及利用非线性晶体实现超窄线宽的频率转换等更多精彩内容。❑

本刊编辑部

中国将发布第一部光纤激光器行业标准

“由武汉锐科牵头起草的中国第一部光纤激光器行业标准，将于今年正式发布。”8 月 14 日，在湖北省大型科技企业科技创新典型情况介绍新闻发布会上，武汉锐科光纤激光技术股份有限公司总经理杨宏源发布了这一消息。

今年 6 月 18 日，由武汉锐科牵头起草的《光纤激光器总规范》，在北京通过了中国机械工业联合会的最后审查，进入待发布状态。“这是我国首部光纤激光器行业标准，这一标准的发布实施，将有利于推动我国光纤激光器产业的规范化发展。”杨宏源表示。

工业4.0时代催生激光机器人市场

工业 4.0 概念的引入正在促使我国的制造业向智能制造的方向转变，制造业的自动化程度不断提升，中国工业机器人市场悄然兴起，特别是制造业巨头富士康已经宣布大规模启用机器人。

在智能制造的驱动下，机器人市场的兴起也将为激光加工设备带来新的机会。机器人与激光加工系统的结合，将为众多行业提供更先进的加工方案。

例如，目前在汽车产业中，激光焊接机器人已成为最先进的制造技术，获得了广泛应用。德国大众汽车、美国通用汽车、日本丰田汽车等汽车装配生产线上，已大量采用激光焊接机器人代替传统的电阻点焊设备，不仅提高了产品质量和档次，而且减轻了汽车车身重量，节约了大量材料，使企业获得很高的经济效益。中国的很多汽车公司也引进了激光机器人进行加工。

IPG 2015年第二季度营收增长22%

近日 IPG Photonics 公司公布 2015 财年第二季度财务业绩。财报显示，第二季度每股收益增长 1.15 美元，净利率 55%，相比去年同期增长 25%；第二季度总收入 2.351 亿美元，同比增长 22%。IPG 首席执行官 Valentin Gapontsev 表示，该增长主要归因于公司的光纤激光器在材料加工应用领域的市场扩张、规模的持续扩大、持续的创新，以及高效的经营效率。

本季度，在现有和新的 OEM 客户扩张下，材料加工领域销售额增长了 21%，高功率光纤激光器的销售额增长了 27%。此外，IPG 还报告了中等功率、低功率和准连续激光器的销售增长良好。按地域划分，IPG 在亚洲区域的销售额最高，欧洲及北美次之。

Photonics Industries公司获皮秒激光器大订单

据报道，内腔谐波激光器制造商 Photonics Industries 公司获得了有史以来最大的皮秒激光器单笔订单，订单额度高达 8 位数。据透露，此订单用于订购 Photonics Industries 公司的 RGH 系列皮秒激光器，其将作为加工机器，为消费电子公司制造可穿戴式移动设备。该激光器的高脉冲能量、制造能力和全脉冲控制优势是被首选的原因所在。

Photonics Industries 公司获得如此巨额的单笔订单，其背后也反映了市场对超快激光加工的需求开始显露头角。智能手机、平板电脑、医疗设备及可穿戴式移动设备向着更小巧、更紧密方向的发展，将催生可观的超快激光加工市场。

IXBLUE
DEEP INSIGHT. SHARPER SENSES.
light.augmented

特种光纤
光纤布拉格光栅
铌酸锂调制器
各种调制方案
www.photonics.ixblue.com
IXFIBER AN IXBLUE BRAND
PHOTLINE AN IXBLUE BRAND

SPIE 上调全球光电子市场规模至 1820 亿美元

文/ Matthew Peach

来自国际光学工程学会（SPIE）公布的最新分析数据显示，全球光电子市场的年度销售额已经上调至 1820 亿美元。该最新分析结果是由 SPIE 的工业与市场策略家 Steve Anderson 在 8 月于圣地亚哥举办的“2015 Optics+Photonics”展览大会上公布的。

在 2012 年的研究基础上，Anderson 此前曾估计全球光电子市场的年度销售额为 1600 亿美元，但是 SPIE 已经在过去的两年中进一步修订了其重点行业企业及这些企业的销售额。

Anderson 表示：“2012 年全球约有 2700 家光电子公司，从业人员约为 68.6 万人。到 2014 年，我们看到全球光电子公司的数量大幅增长了 18%，达到 3194 家，销售额增长了 15%，因此全球光电子市场的年度销售额将达到 1820 亿美元，从业人员约 86.3 万人，相比于 2012 年增长了 26%。

该最新分析结果，对于光电子行业的企业领导者以及相关从业人员而言，都非常有价值。最近几年来，这样的行业分析数据越来越重要，它们对于指导企业甚至是国家机构预测市场发展和制定投资决策，具有重要的参考价值。

Anderson 解释了重点企业名单的修订和一些显著的变化：“在更新 2012 年的 2713 家公司的数据库时，我们从中删除了 193 家公司，同时加入了 674 家新公司，因此最终新增加了 481 家公司。在新增加的公司中，有 305 家公司来自亚洲，欧洲 91 家，美国 81 家。亚洲之所以有更多的新公司涌现，是因为自 2012 年以来，很多中国企业已经开始走向海外市场，希望扩大出口市场。因此，SPIE 的评估过程也进行了相应的调整。”

大企业占据70%的市场份额

通过对数据的研究分析，可以揭示更多的光电子公司最近的业务发展趋势：“自 2012 年以来，大多数这些新增加的公司是总销售额在 1000 万美元以下和 1000~5000 万美元之间的企业。大约 3/4 的企业仍然属于中小型企业，年度销售额在 1000 万美元以下。该市场中的大部分收入仍然来自少数企业：在 2014 年统计的 3194 家公司中，其中的 63 家公司就占据了 70% 的市场份额。”

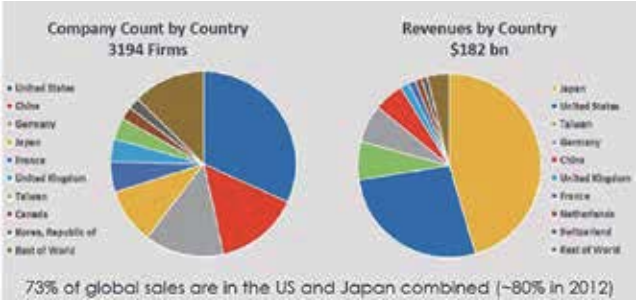


图1：按地域划分的全球光电子公司的总体销售额情况（2014年）。

SPIE 的最新调查结果与两年前的不同之处是，相比于该行业的收入分配，该行业的就业分布更加均匀。Anderson 表示：“或许之前我们在就业方面还有偏向于大公司的倾向，但是 2014 年的调查结果显示，人员就业的分布情况更加分散。”

对公司的经营效率和绩效的一个衡量指标是销售率，按照每名雇员的美元数加以衡量。在 2014 年的分析数据中，每位雇员的平均产出从 2012 年的 2.3 万美元降低到了 2.11 万美元。“每位雇员平均产出的下降，是因为在数据库中增加了很多新的亚洲公司，”Anderson 解释说，“但就美国市场而言，2014 年每位雇员的平均产出约为 2.6 万美元。”

按国家划分的收入情况

Anderson 指出了最新分析数据中的一个有趣的元素。“如果从国家的公司数量来看，排名前五位的国家分别是：美国、中国、日本、德国和法国，这与我们的预期相吻合。但是，如果你要看收入来自哪里的话，你会看到一个非常不同的景象。几乎有一半的全球总收入来自日本市场；大约 73% 的全球总收入来自日本和美国市场，而这个比例比 2012 年的 80% 下降了七个百分点。”❑

2019 年超快激光器市场总额将超过 14 亿美元

市场研究公司 Strategies Unlimited 近期发布了《2015 年超快激光器市场分析与预测》调查报告。超快激光器在市场上已经存在了 30 多年的时间，虽然其在整个激光器市场中占据的市场份额相对较小，但是其增长速度却是整个激光器市场增长速度的两倍。

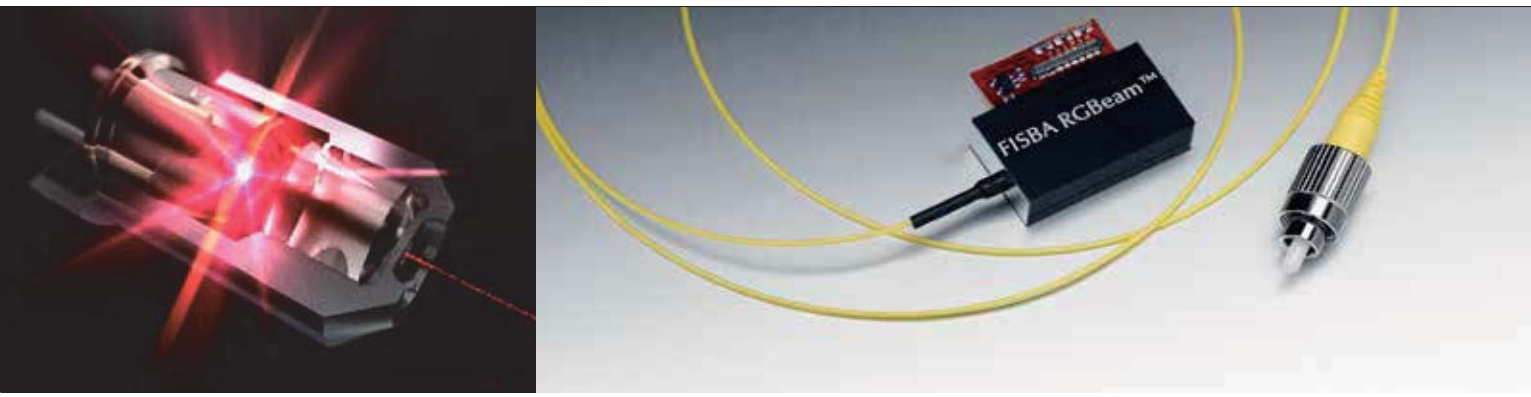
超快激光市场是性价比的战场。随着应用范围的逐渐扩大和价格的逐渐下降，最近几年是超快激光从业者们迎来了春天。按照产品类型分，超快激光器可进一步分为光纤激光器、钛宝石激光器、钕玻璃激光器、碟片激光器及其他激光器。Strategies Unlimited 公司在报告中分别对皮秒激光器和飞秒激光器的类型和应用进行了介绍，为超快激光市场提供了深入分析，并对 2019 年前的市场进行了预测。

Strategies Unlimited 公司预计，到 2019 年，超快激光器市场总额将超过 14 亿美元，其中超快光纤激光器将以最快的速度增长，并且飞秒激光器的增长速度将大于皮秒激光器，之前很多应用皮秒激光器的领域，将会活跃着飞秒激光器的身影。❑

爱特蒙特光学超过 1600 种产品已在中国市场推出

爱特蒙特光学宣布，目前中国客户可以直接访问超过 1600 种高性能激光光学产品。爱特蒙特光学拥有大量现货光学产品可立即交付。此外，该公司首次提供激光光学件的定制设计和制造，以满足不断增长的客户需求。

中国客户可直接从爱特蒙特光学采购激光光学元件，不仅可以享受过硬的产品质量和短暂的交货期，同样也无需顾虑时间和语言上的不便，获得本土团队的帮助。❑



FISBA RGBeam™
带有单模光纤的迷你型激光模块

精确的波长耦合
将可见波长导入到单模光纤中

照明均匀
最高的强度和亮度，囊括各种色彩

方便快捷的定制
量身定制的设计方案与创新技术相结合

FISBA Innovators in Photonics

Rorschacher Str.268
St.Gallen, 瑞士

电话 +4171 282 31 31
传真 +4171 282 31 30

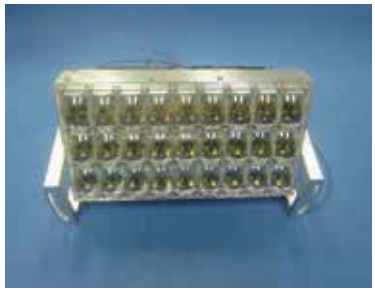
info@fisba.com
www.fisba.com

前沿简讯 Leading Edge Snapshots

近红外 VCSEL 照明器的光功率达 108 kW

文/John Wallace

需要高功率近红外照明的军事应用，将受益于美国 Princeton Optronics 公司推出的基于垂直腔面发射激光器（VCSEL）的照明器，其在1064 nm波长发射108 kW的光功率。这个风扇冷却的单元包含 8 个模块，每个模块发射 16 kW（图中为单个模块的照片）。模块中的各个 VCSEL 阵列发射 200 W 的连续波（CW）功率，芯片尺寸为 5 mm × 5 mm。单个 VCSEL 阵列的电光（墙插）效率约为 50%，工作温度约为 50 ℃。柱透镜位于阵列前方，以便将发散角调节至照明器所要求的值。照明器以 30 Hz 的重复频率运行，产生持续时间为 1 ms 的脉冲。

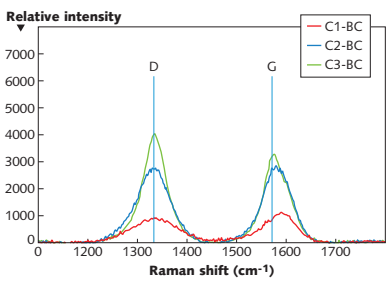


模块中所包含阵列的整体波长规格为 ±7 nm，允许通过与相机匹配的窄带光学滤光片来抑制背景光，从而捕获被照明的场景。Princeton Optronics 公司首席执行官 Chuni Ghosh 表示，这种窄波长照明能力使得 VCSEL 有别于其他照明光源。尽管如此，照明器的光斑非常小，这归功于 VCSEL 阵列以及模块中存在多个阵列。该照明器模块安装在弯曲的框架上，以使光以特定的有效发散角聚焦在所需的距离处。更多详情请联系 Chuni Ghosh：cghosh@princetonoptronics.com。❑

便携式光谱仪简化炭黑材料表征

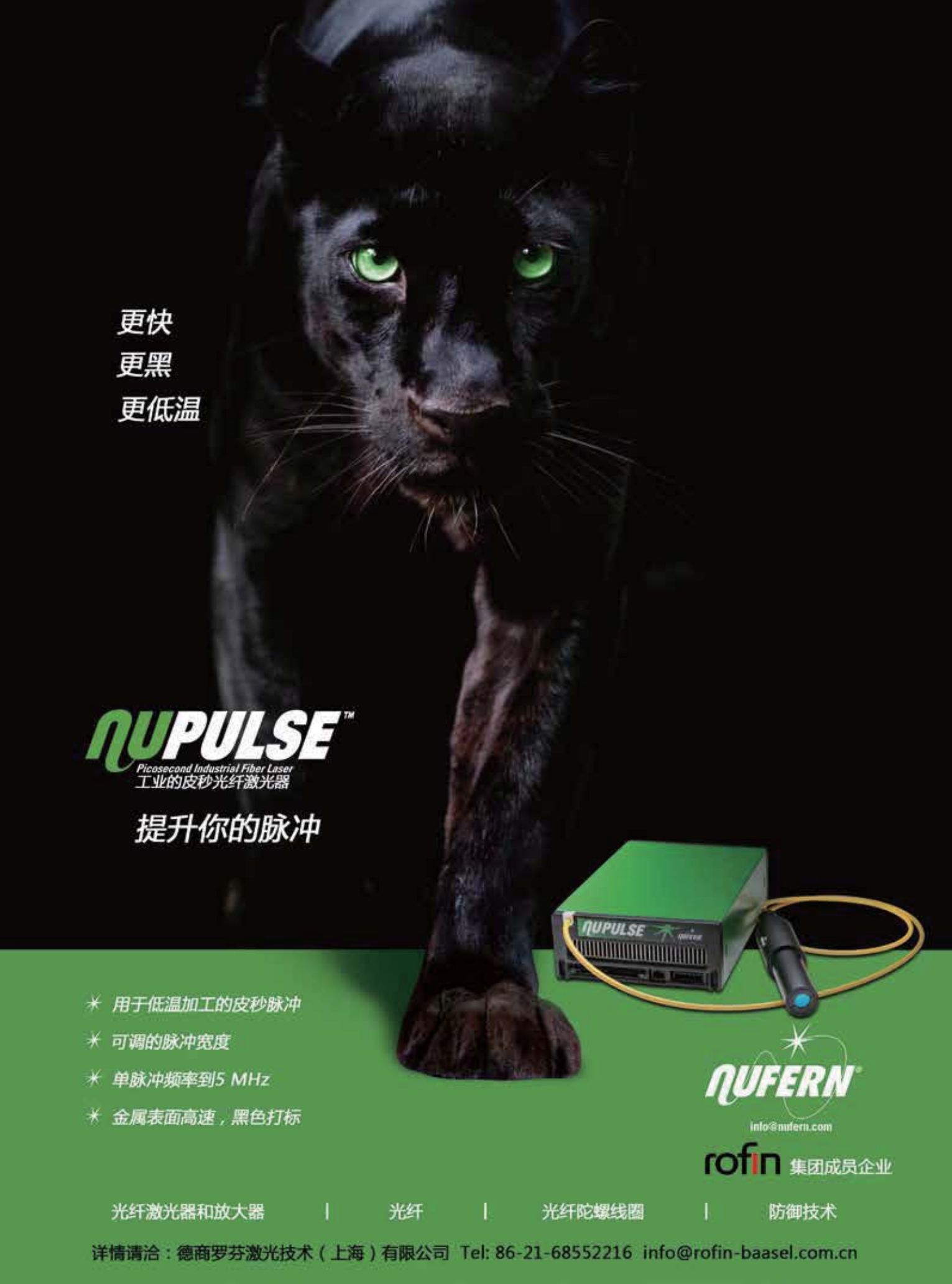
文/Gail Overton

不同于碳纳米管和石墨，炭黑是一种无定形碳，其可用作汽车轮胎的增强填料，也可用于颜料和涂料中。炭黑的材料结构复杂，使得一直以来人们对炭黑的分析始终局限于传统的表面区域、化学吸收测试，以及昂贵且费时的成像和 X 射线衍射分析。



幸运的是，碳材料表现出了强大的波长依赖特性，从而使得拉曼光谱能在分子级别实现快速的在线材料表征。具体而言，美国必达泰克公司的一款便携式拉曼光谱仪，能够清楚地从 sp2 杂化碳原子中，分辨出 G 带面内振动模式光谱，以及表征炭黑无序参数的 D 带或缺陷带。

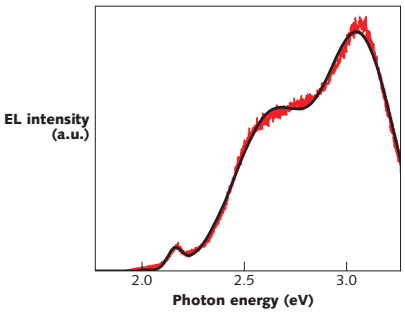
利用 40 mW、532 nm 的激发源，以及 120s 的积分时间，该便携式 i-Raman Plus 光谱仪可收集三个不同炭黑样品的数据，波长范围包括 D 带和 G 带，光谱分辨率为 4.5 cm^{-1}。其背照式 CCD 探测器可以达到高达 90% 的量子效率，利用热电冷却降低暗噪声；具体来讲，装置温度每降低 7 ℃，暗噪声就降低一半。BWSpec 数据分析软件包含基线校正、峰分析，以及去除荧光背景信号的功能。❑


更快
更黑
更低温
NUPULSE™
Picosecond Industrial Fiber Laser
工业的皮秒光纤激光器
提升你的脉冲
NUPULSE
✶ 用于低温加工的皮秒脉冲
✶ 可调的脉冲宽度
✶ 单脉冲频率到5 MHz
✶ 金属表面高速，黑色打标
NUFERN
info@nufern.com
rofin 集团成员企业
光纤激光器和放大器 | 光纤 | 光纤陀螺线圈 | 防御技术
详情请洽：德商罗芬激光技术（上海）有限公司 Tel: 86-21-68552216 info@rofin-baasel.com.cn

混合硅量子点 LED 产生强大的蓝白光

文/John Wallace

日本广岛大学的一个研究团队通过一种溶液法，制造出了呈现白蓝光电致发光（EL）的基于硅量子点（Si QD）的混合无机 / 有机 LED。该 QD 通过脉冲激光烧蚀置于 1- 辛炔溶剂流体中的结晶硅晶片制作而成；需要几个 8 小时的流程来产生足够的 Si QD，然后通过 100 nm 孔径的膜过滤，并在真空中干燥。



为了制造该 4 mm^2 的 LED，空穴注入和空穴传输层旋涂在预先有图案的、镀有氧化铟锡（ITO）的玻璃基板上，ITO 形成阳极。随后，溶液中 66 nm 厚的 Si QD 发射层经过旋涂和热退火，然后是电子传输层和阴极。LED 所产生的光谱（红线为原始数据，黑线为拟合数据）在 2 eV（620 nm）附近有少量的电致发光，在 2.5 eV（496 nm）急剧增加，峰值出现在 3 eV（413 nm）。来自 Si QD 的输出约为 78%，其余部分来自有机基质。与单纯的有机 LED 相比，该 LED 具有非常均匀的光发射，研究人员认为这归功于添加了 Si QD。❑

3D 激光打印的人体活细胞有望用于测试和移植

文/Barbara Gefvert

德国研究人员已经采用激光正向传输方法打印活体细胞。该方法为组织形成提供了足够的分辨率和细胞密度。事实证明，该技术使得利用活体人体细胞产生三维细胞构建成为可能，从而能够免去化学品、药品和化妆品的动物试验。最终，这种方法还有望制造用于移植的具有完整功能的器官。

德国汉诺威激光中心的研究人员，在载玻片或透明色带上镀层，激光吸收材料和生物材料各一层——通常为具有嵌入细胞的水凝胶（见图 1）。载玻片倒置安装，研究人员将波长 1064 nm、脉宽 10 ns 的激光导入玻片、再进入吸收层，焦点处的吸收层将蒸发。蒸气压力推动下层生物材料向前，以液滴状沉积在玻片下面的一处表面上。通过移动玻片和激光光束，可以逐层打印所需要的任意 2D 或 3D 图形。

该过程不会损害细胞或影响干细胞的分化行为或潜力；事实上，图案中所打印的干细胞，会在图案中分化成不同组织类型（见图 2）。同时，该团队观察到脂肪干细胞向血管内皮细胞定向迁移，以及它们在建立血管时的相互作用。

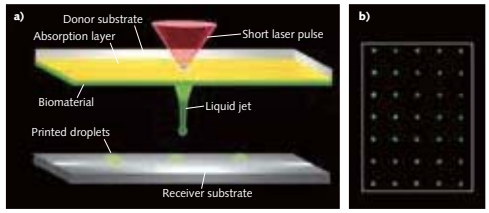


图1：激光脉冲局部蒸发吸收层；蒸气压推动下层生物材料（水凝胶中嵌入的细胞）以液体喷向接收基板。喷射持续几百微秒的时间，但液滴保留（a）。显微镜图像（b）显示了带有荧光细胞的液滴。

为了形成 3D 皮肤组织结构，该团队逐层打印了纤维细胞和角化细胞。通过可视化细胞间连接并验证它们的功能，该团队已经证实了皮肤组织的形成，还观测到了基底层形成。打印的皮肤构造植入小鼠中，展示出血管的向内生长，以及表皮角化细胞的分化。接下来，该研究小组将打印细菌和微生物。❑

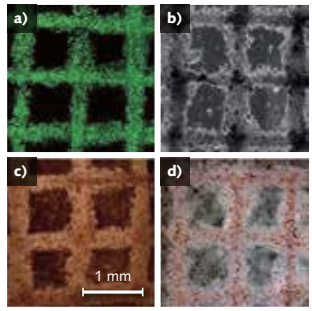


图2：3D打印细胞结构实例，包括打印成网格图案的干细胞（a）刚打印之后的图案，以及随后分化成（b）骨骼、（c）软骨和（d）脂肪组织。

光学制造

材料改进将激光玻璃带入主流应用

文/Todd D. Jaeger，肖特公司

多年来，稀土掺杂玻璃主要用于大型国家实验室的基础研究；随着其材料特性的进步，稀土掺杂玻璃的应用正在向主流的医疗设备、天文学和测量以及材料加工领域发展。

激光玻璃（LG）由传统的无定形玻璃掺杂稀土离子而形成，肖特公司可提供多种型号的产品，如LG680、LG750、LG760和LG940（见图1和图2）。不同型号的激光玻璃，其基质玻璃材料（通常是磷酸盐或硅酸盐玻璃）不同，并且激活掺杂离子和浓度也不同。使得激光玻璃成为高功率激光系统的基本元件的很多特性，例如材料的一致性、峰值功率输出、可扩展性和成本效益，也使其成为日常应用的理想材料选择。

激光玻璃特性

目前，高均匀性米级尺寸的掺钕（Nd-doped）磷酸盐激光玻璃，正用于美国国家点火装置（NIF）和法国兆焦耳激光器项目（LMJ），产生高峰值功率激光脉冲的大口径激光系统所使用的玻璃片或者玻璃棒，都可以通过所有市售的激光玻璃型号来制造。基于这类大口径激光玻璃元件的成功项目包括：极端光基础设施（ELI）、Apollon、神光、GIST、Beamlet、兆焦耳、VULCAN和PHELIX。

玻璃作为一种无定形固体，可以制成具有极高的纯度和一致性，并且制作过程具有最少的尺寸和形状限制，像800 mm × 400 mm × 60 mm这样的常见尺寸很容易获得。即使晶态材料可能支持更高的重复频率和更高的平均功率，要生长出大口径的晶体可能贵得让人承受不起，并且仍然无法具备和激光玻璃一样大的储能能力。

掺钕磷酸盐和其他类型稀土元素掺杂玻璃方面的研究工作，正在推进峰值功率和波长的极限。在过去的十年中，如何产生拍瓦脉冲是未知的，但是目前最先进的发展正在考虑艾瓦（exawatt）脉冲激光器解决方案。这些应用青睐宽发射频带，因为利用这类发射频带更容易产生光参量啁啾脉冲放大（OPCPA）。

灵活的原型研究和制造工艺使得生产具有成本效益的定制激光玻璃和

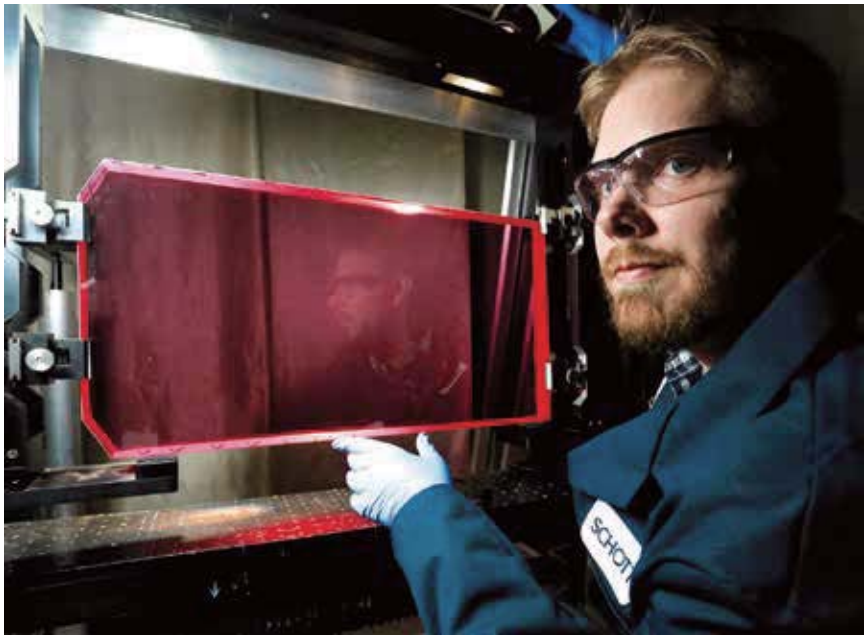


图1：典型台式CDI显微镜（a、透射，b、反射）的示意图。超短近红外脉冲被聚焦到中空毛细管中，高次谐波产生13 nm的光。通过硅反射镜（以基频光束的布鲁斯特角摆放）和薄的金属滤光片将基频光束导走。两个布拉格反射镜进行光谱滤光，并聚焦到样品上。来自样品的散射光被收集到探测器上。

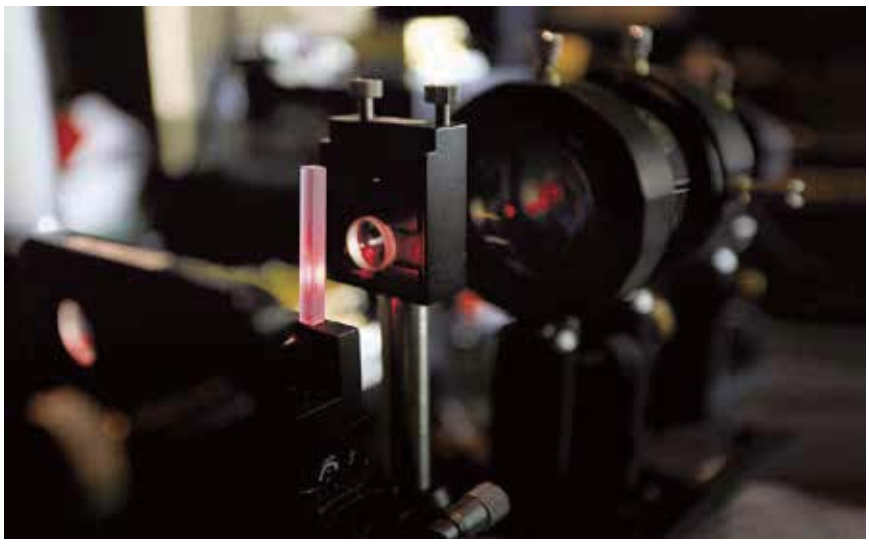


图2：图中所示为端面泵浦激光腔中的磷酸盐激光玻璃正在进行性能测试。

组件成为可能，这些产品将用于基于玻璃激光器的特定应用。相比之下，晶体很难获得一致的掺杂离子浓度分布，也很难达到高掺杂水平。例如，晶体材料很难达到 $>15\times10^{20}$ ions/cm^3 的 Yb^{3+} 离子掺杂浓度。

从历史上看，玻璃的缺点之一是与稀土掺杂晶体相比的低热导率，但是玻璃自身也获得了巨大的发展，目前已经开发出了具有低折射率温度系数（低的 dn/dT）的玻璃来避免热透镜效应，并具有更好的整体热机械品质因数。例如 APG-1 玻璃可以达到 $dnrel/dT_{(20\text{-}40)}=1.2\times10^{-6}$/K。

通过使用新玻璃基质，以及利用具有成本效益的小批量熔制共掺激活掺杂离子玻璃，近年来激光玻璃的潜在应用范围已经大幅扩展。激光玻璃不再只是用于艾瓦级激光器；实际上，激光玻璃正在跨越大口径应用，逐渐进入日常应用领域。

高功率激光器之外的研究

激光玻璃具有更宽的发射带宽（通常超过 20 nm）和高效的储能，如 LG680 和 LG7xx 系列激光玻璃支持拍瓦峰值功率的激光脉冲（见图 3）。因为制造工艺完全可扩展，所制备的玻璃也可以用传统的光学工艺来加工，因此激光玻璃是用于极大系统如 NIF、激光兆焦耳和 ELI pillars 的理想材料。这些都是已经部署的最高功率系统，而下一代系统的功率将达到 10~20 PW 量级。

如此高的功率，使得有效产生中子、质子和 X 射线成为可能。整个过程涉及等离子体产生和自由电子加速（尾场）。

这些系统的最终目标不仅是基础研究。例如，亚原子粒子的细流可以聚焦在癌症肿瘤上，使辐射伤害最小化；中子或 X 射线束可以扫描车辆，通过分析亚原子粒子和材料的相互作用，探测核装置和其他有害物品；高功率激光束可以通过直接驱动和惯性聚变撞击在氚靶上，产生极大的压力使得氚靶坍缩，氢聚变成氦，并释放大量的能量。

但是，除了这些显而易见的高能量应用之外，激光玻璃现在也在材料加工、医药以及研发中的许多主流应用中一展身手，下面将列举几个案例。

激光冲击强化

想象一下，铁匠加热一把剑的钢，进行锤打后在水中冷却，然后重复这一过程。这种方法被称为强化，用于增加钢的应力，消除薄弱点，强化最终产品。激光冲击强化也是类似的过程，即以高功率钕激光照射金属，同时用流体（如水）对其进行冷却。

激光冲击强化过程用于增加材料的应力和强度，防止材料过早失效，结果使得零件具有更长的使用寿命，节省资金，并提供更安全的工作环境。例如，波音 747 飞机的机翼便是利用激光冲击强化工艺加工的。

机翼从金属板开始，随后用脉冲玻璃激光器以特定的图样横跨扫描金属表面，增加了材料一侧的应力并使其弯曲，从而成形。该工艺也应用于喷气发动机涡轮的特定点上，防止高应力点失效，并使这些发动机和发电机的寿命增加数千小时。

医学美容

速度、功率和各种可用波长已将激光系统带入到从事美容和外科手术的医疗机构中。曾经需要住院手术、高昂花费、较长恢复时间以及伴随感染风险的治疗，现在可以经济高效地在医生的诊室里完成，并且患者只需在家恢复更短的时间。

激光波长是决定其对不同美容应用有效性的重要因素之一。例如，1 μm 激光系统会灼伤皮肤，造成疤痕并延长恢复时间。它还会损害人眼的视网膜。

现在，许多医疗设备制造商正在提供基于铒镱共掺玻璃的人眼安全 1.5 μm 玻璃激光器。LG940 人眼安全激光玻璃是基于铒镱铬铈共掺磷酸

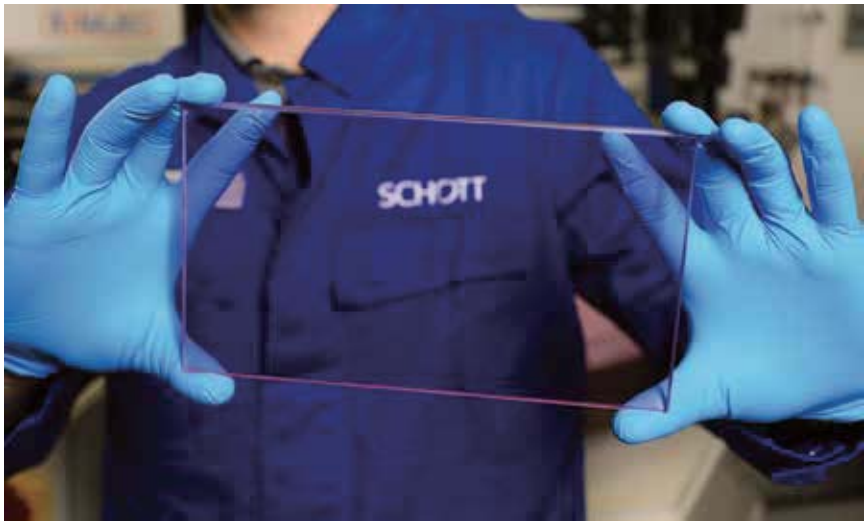


图3：由LG760磷酸盐激光玻璃制成的成品精密组件，通常用于高能量应用。

盐的激光玻璃，用于闪光灯泵浦和二极管泵浦固态（DPSS）激光器系统中。磷酸盐玻璃通常提供较高的稀土掺杂浓度，因此激活离子的数量可以显著增加。对于嫩肤而言，更长波长允许更深的穿透深度，以及更加受控的烧蚀过程。此外，其对人眼更安全。

1.5 μm 激光在去除静脉曲张和痤疮疤痕的部分皮肤烧蚀以及表面再处理方面，尤其成功。与将激光聚焦到单个焦点上不同，光束（通常脉宽为 10~20 ms，脉冲能量为 5~100 mJ）通过微透镜阵列传播到几个点。该光束阵列然后在皮肤表面扫描，根据特定光波长处的吸收处理皮肤：根据应用，选择波长为 1540 nm、2940 nm 或 532 nm。这使得皮肤的顶层烧蚀，随着皮肤重新愈合，留给患者无病变或无变色的光滑表面。

相比之下，磨皮术和较短波长激光器之类的竞争技术更痛苦，并增加感染风险。使用 1.5 μm 激光能促进更快的愈合，减少感染风险，并且对医生、护士和病人而言都更加安全。

一项相关的应用是激光去除纹

免除延迟时间之激光打标



AGV 扫描头系统优势

- 行业最高之24位分辨率
- 热稳定之光栅编码器用于精密微加工工艺
- 10, 14与20毫米口径，支援标准的F - THETA镜组，提供最高等级之灵活性



Nmark CLS系统优势

- 100%全数码控制解决打标过程中的可程式化延迟时间需求
- 直接与伺服轴同步扩大有效视野范围
- 实时监控真实打标位置供快速工艺最佳化

AEROTECH® *Dedicated to the Science of Motion*

Ph: +86 (21) 3319 7715
Email: sales@aerotech.com
www.aerotech.com

Aerotech Worldwide
United States • France • Germany • United Kingdom
China • Japan • Taiwan

AH0315A-ZH-CN

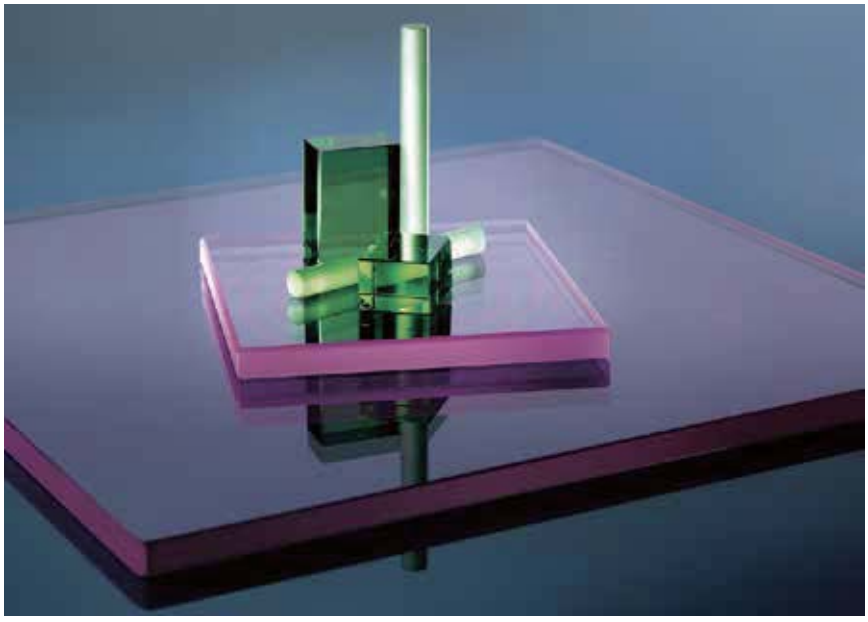


图4：肖特提供主动和被动激光玻璃，产生高功率和超短激光脉冲，用于激光测距和医疗应用。这些材料从掺钕激光玻璃、用作激活激光介质的特种玻璃、诊断滤光片，到需要最高精度激光应用的超稳定玻璃陶瓷。

身。纹身具有各种不同的颜色，它们需要不同波长的光，来去除存在于不同墨颜色中的纳米级金属颗粒。目前，用于去除纹身的激光器系统使用内置到单个激光系统中的多种增益材料。该系统可以被称为一体化激光器，但实际上只有 532 nm、755 nm 和 1064 nm 的波长。

肖特的一种新型宽带激光玻璃（BLG）在 1 μm 波长附近，带宽 80 nm 范围内可调谐。由晶态材料制成的传统钇铝石榴石（YAG）系统可能最多在基频和其倍频处提供 5~10 nm 的带宽；相比而言，这种新型磷酸盐激光玻璃在红外区提供 80 nm 的带宽，可以倍频输出宽带绿光，以及三倍频输出近紫外光。

如果 BLG 由紫翠玉激光器泵浦，残余泵浦光束可与基频和谐波光束混合，以提供覆盖多个波长的系统。因此，激光系统可以定制成纹身的颜色，提供更实用的工具，以及（希望是）更快、痛苦更少的去除纹身体验。

眼科

BLG 的另一项应用是径向角膜切开术（RK），用来矫正近视的治疗，需要极短的激光脉冲。物理定律指出，要产生极短的光脉冲就需要可观的带宽，两者互相成反比，所以具有更宽的带宽就意味着脉冲越短。

得益于 BLG，相比于更复杂的需要一个激光器系统泵浦另一个激光器的系统，制造商可以创建简单的激光器架构，通过直接二极管或闪光灯泵浦 BLG 增益材料来实现。可以获得 150~100 fs 范围内的脉冲，脉冲持续时间比热能量传递的时间短得多，从而允许激光在手术中切入角膜，而不产生附带的组织损伤。

激光测距

过去，激光测距仪（光探测和测距 [激光雷达] 系统）或者飞行时间系统，使用二极管或 YAG 晶体激光器系统，每种都具有一些缺点。二极管系统往往发散更严重，光束轮廓较差，会影响测量的精度。YAG 系统的工作波长会损伤人眼，使其在开放环境中使用存在危险。此外，需要对晶体进行主动冷却，以降低与温度相关的光束不稳定性，从而增加激光器系统的整体尺寸和重量。

由于这些原因，使得转向以人眼安全激光玻璃作为激光测距仪增益材料的趋势得以形成（见图 4）。例如，铒镱磷酸盐玻璃的 1.5 μm 激光不能穿透人眼的晶状体，也不会损伤视网膜。过去，经常使用 Nd:YAG 激光器，其工作波长 1064 nm 对视网膜具有伤害。相比之下，由于人眼的吸收特性，1540 nm 的光无法进入人眼内，因此其对视网膜或人眼是安全的。

这些人眼安全激光玻璃系统是更安全的替代方案，在效率、光束质量和精度方面提供优越的性能，甚至距离达到几英里时也是如此，这使它们成为道路建设、建筑、月球测距天文学，大气传感以及如洞穴测绘、历史遗址和建筑物测绘等 2D 和 3D 绘图应用的理想之选。

使用铒镱共掺磷酸盐玻璃的测距仪，在不对腔设计加入主动温度稳定机制的情况下，已经展示了 -30~80 ℃之间的稳定性能。通过基于被动调 Q 的设计，这些系统还能实现超小型体积。微米级精密加工过的玻璃片，通常具有针对特定激光设计优化的稀土离子掺杂浓度。

毫无疑问，激光玻璃正在推动极大型激光系统所能完成工作的极限，并且在更多的日常应用中将获得更多使用，这主要源于激光玻璃具备优于晶体介质的独特优势，如更容易实现的生产工艺、更高的掺杂浓度以及更高的均匀性。❑

LED、灯泡及其他非激光光源

文/Jeff Hecht

*Laser Focus World*不但关注激光器，也关注其他光源。首先是用于泵浦固态激光器的闪光灯。本刊早就涵盖了激光泵浦光源，如OPO、OPA和超连续谱。最近，本刊增加了蓝光和紫外LED、超辐射发光二极管和激光驱动的等离子体。

Laser Focus World 不但专注于激光器，也关注其他光源。早期，那些非激光光源通常与激光相关。闪光灯用于泵浦固体激光器。反过来，激光器也泵浦非线性光源，例如光学参量放大器和振荡器、和频发生器和超连续谱。非相干 LED 与激光二极管密切相关，它们的应用与早期的光纤系统有重合之处。



多年来，激光和非激光光源之间的区别已经变得模糊。今天的应用工程师不太关心光是如何产生的，而是更关心光源的行为。可调谐 OPO 与激光器在一些应用中正面交锋。在低相干性具有优势的应用中，超辐射发光二极管（SLED，有时也称作 SLD）击败了激光二极管。因此，伴随着光子学技术范围的不断扩大，我们对光源的关注范围也随之扩展。

闪光灯首先出场

梅曼成功实现首台激光器的关键是采用商品化的摄影闪光灯进行泵浦。三个螺旋闪光灯中最小的一个 FT-506 由通用电气制造，足以泵浦他的小型激光器。但是拍摄新闻稿上照片（见图 1）的摄影师认为中等尺寸的 FT-503/524 灯泡看上去更好，而且该灯泡在再现梅曼激光器的工作中也起过作用。

两种美国 EG&G 公司生产的水冷式闪光灯出现在 Laser Focus World 1965 年 1 月 1 日刊的新产品栏目中（见图 2）。其中一个产生持续时间为 150 μs 的 100 J 脉冲；另一个产生持续时间为 1 μs 的 400 J 脉冲。1965 年 12 月 15 日刊的产品栏中描述了一款由美国 Xenon Corporation 公司生产的 10 kJ 耐冲击灯。激光泵浦灯是该公司的第一款产品，该公司由 Lou、Gene 和 Richard Panico 三兄弟于 1964 年在家庭地下室中成立。Lou 从一位大师（传奇的 Harold "Doc" Edgerton，即 EG&G 名字中的 E）那里了解到了闪光灯。

耐冲击性是一个问题，因为闪光灯充电时可能会爆炸。业内资深人士 Bill Shiner 回忆说，他和 Eli Snitzer 在 American Optical 公司的实验室内放置了两个金属废纸篓，当对灯进行充电时，用金属废纸篓罩在它们头上。“如果灯失效，你会听到玻璃击中废纸篓的声音，”他说。

图1：休斯研究实验室发布的照片展示了比梅曼用过的灯泡更大的灯泡。



Peripheral Equipment

NEW ADDITIONS TO FLASHTUBE LINE

Two new additions have been made to Edgerton, Germeshausen & Grier's line of water-cooled xenon flashtubes. The new tubes are designated FX-74 and FX-75. These low-energy tubes, designed with special electrodes, can be used in laser research. Specifications for the tubes are: Maximum average power input —0.5KW, (FX-74), and 1KW, (FX-75); Maximum energy per pulse — 100 joules at 150 μs pulse duration (FX-74) and 400 joules at 1 μs pulse duration, (FX-75); Arc length, 1.5" and 3" and overall length 7⅛" and 8⅝" respectively. *Edgerton, Germeshausen & Grier, Inc.*, Products Division, 160 Brookline Ave., Boston, Mass. 02215.

图2：两种EG&G公司生产的水冷式闪光灯出现在 *Laser Focus World* 1965年1月1日刊的新产品栏目中。

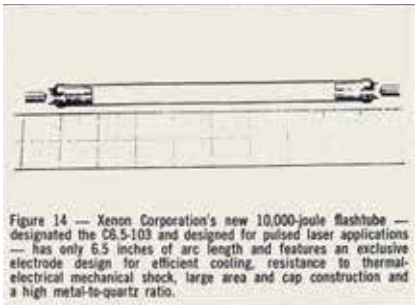


Figure 14 — Xenon Corporation's new 10,000-joule flashtube — designated the C6.5-103 and designed for pulsed laser applications — has only 6.5 inches of arc length and features an exclusive electrode design for efficient cooling, resistance to thermal-electrical mechanical shock, large area and cap construction and a high metal-to-quartz ratio.

图3：1965年12月15日刊的新产品中，描述了Xenon Corporation公司生产的10 kJ耐冲击灯。

十年后，Xenon 公司正在开发大规模生产技术，以满足劳伦斯利弗莫尔国家实验室建造 20 路 Shiva 聚变激光器所需要的成千支闪光灯的需求。1974 年 11 月刊中描述了一种新型内密封设计，Xenon 公司表示这种设计将降低成本、减少冲击损伤，且便于操作。利弗莫尔使用的典型 20 kJ 灯泡花费 250 美元左右，因此生产数以千计的灯泡是一笔大生意。

LED、光通信和蓝光

1962 年，首个明亮的砷化镓（GaAs）LED 的出现带动了激光二极管的发展。首个可见光 LED 由 Nick Holonyak 在探索激光二极管的过程中制成。可见光 LED 很快就在指示光领域找到了首个应用。红外 GaAs LED 的小尺寸、亮度和可靠性，使得它们成为随后短暂存在的、用于早期多模光纤链路的二极管激光器的替代产品。

1971 年，美国贝尔实验室的 Charles Burrus 发明了专门用于光纤系统的 LED，刻蚀的中心孔穿过金属接触和半导体到达发射层（见图 4）。原始设计适合外径为 60 μm 的阶跃折射率多模光纤。[1]LED 看上去适合大气和光纤通信，Forrest M. Mims 在 1974 年 9 月刊中写道：“廉价的 LED 在室温下发射高达 100 mW 的连续光，驱动电流仅约为每平方厘米 100 安培，具有数 GHz 的高调制频率，这对激光二极管提出了极大的挑战”。

1975 年 2 月刊中报道了 LED 凭借其固有的抗电磁干扰能力，比较适合海军航空电子系统，工作距离通常小于 100 m。1976 年 2 月刊中报道了 LED 用于“世界首套可用的光纤通信链路”，帮助英国 Dorset 警察局实现了数百米的通信距离，以取代被雷击破坏的铜电缆。1977 年 5 月刊中报道了 GTE 选择 LED 用于光纤承载实时话务量的首个测试。但是，随着激光二极管的改进，它们成为了传输距离大于几千米的传输标准。今天，LED 主要用于短链路和局域网。

20 世纪 80 年代见证了对明亮的短波长 LED 的追求，主要集中在硒化锌及相关的 II-VI 族化合物。1987 年 6 月刊中描述了英国杜伦大学和曼彻斯特大学进行的实验，结果表明“金属 - 绝缘体 - 半导体”的结构可能优于传统的 p-n 结（见图 5）。

但是真正的突破来自于氮化镓技术的进步。因为高的缺陷水平，此前氮化镓一直被认为没有希望。Isamu Akasaki 在材料研究学会（MRS）1991 年的秋季会议上，展示了他和 Hiroshi Amano 在日本名古屋大学研发的明亮的蓝光 LED。1993 年，日本日亚化学公司的 Shuji Nakamur 将蓝光 LED 的转换效率翻番到 2.7%，当他展示首个 GaInN 激光二极管时，他的商品化 LED 已经达到了长寿命。

虽然我们专注于蓝光激光二极管在高清视盘中的潜在应用，但是随着 Akasaki、Amano 和 Nakamura 赢得了 2014 年诺贝尔奖，蓝光 LED 大获成功。*Laser Focus World* 在 2001 年 4 月刊中报道，蓝光 GaInN LED 和黄光磷光体的结合，打开了通向固态照明的大门。美国继日本之后启动了全国照明计划，由 Optoelectronics Industry Development Association 进行协调。1999 年的原始提案预计 LED 灯泡将在 2010 年达到 50 lm/W；笔者在 2012 年买了一些额定功率为 48 lm/W 的 LED 灯泡。固态照明已使得 LED 发展成为了一项可观的业务，在此趋势下，PennWell 推出了自己的出版物 LEDs Magazine。

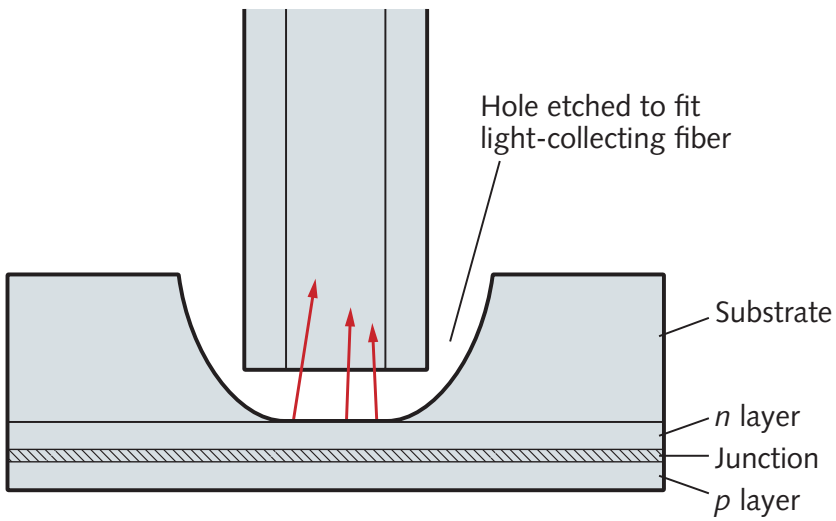
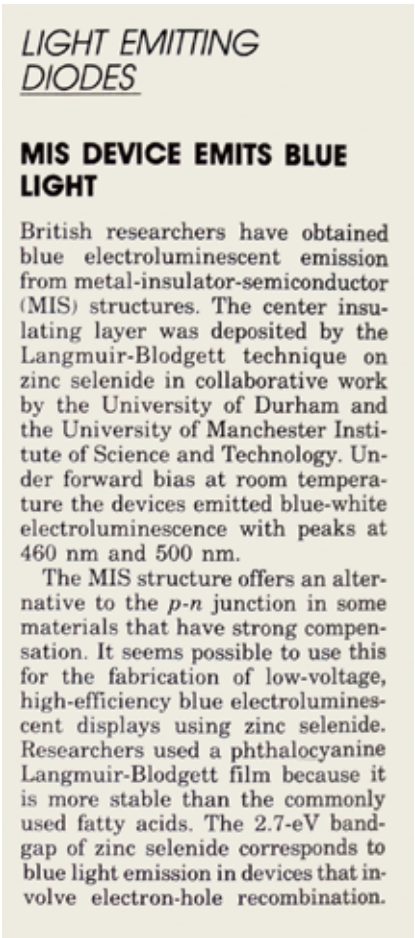


图4：Burrus发明的二极管中心有一个刻蚀孔穿过半导体，直接收集p-n结的光。



LIGHT EMITTING DIODES

MIS DEVICE EMITS BLUE LIGHT

British researchers have obtained blue electroluminescent emission from metal-insulator-semiconductor (MIS) structures. The center insulating layer was deposited by the Langmuir-Blodgett technique on zinc selenide in collaborative work by the University of Durham and the University of Manchester Institute of Science and Technology. Under forward bias at room temperature the devices emitted blue-white electroluminescence with peaks at 460 nm and 500 nm.

The MIS structure offers an alternative to the *p-n* junction in some materials that have strong compensation. It seems possible to use this for the fabrication of low-voltage, high-efficiency blue electroluminescent displays using zinc selenide. Researchers used a phthalocyanine Langmuir-Blodgett film because it is more stable than the commonly used fatty acids. The 2.7-eV bandgap of zinc selenide corresponds to blue light emission in devices that involve electron-hole recombination.

图5：1987年7月刊介绍的实验结果表明，“金属-绝缘体-半导体”的结构可能优于传统的p-n结。

在 GaN 中添加铝能够增加带隙，2005 年 2 月特刊中报道“半导体光源已经发展到紫外波段”。随后，UV LED 发射短至 240 nm 的波长，但实用的 LED 只能达到 280 nm，激光二极管的极限为 370 nm。

超辐射发光二极管

超辐射发光二极管（SLED）占据了 LED 和激光二极管之间的过渡区域，有足够的粒子数反转以产生受激发射，但没有反馈以达到激光阈值和振荡。1973 年首先由贝尔实验室证实，[2] SLED 具有低时间相干性和宽带宽，对于某些应用而言颇具吸引力，但是其实现实用化却经历了漫漫长路。20 世纪 90 年代，光学相干层析扫描（OCT）的发展产生了对宽带低相干光源的需求。*Laser Focus World* 曾于 2004 年 3 月刊报道，SLED 正在被商品化 OCT 系统所使用；SLED 随之开始迅速激增。

随后 SLED 在其他领域也开始施展拳脚。2009 年 12 月刊中报道了印度理工学院利用 SLED 传感氧和氨。2011 年 5 月（见图 6）刊报道了马里兰大学通过物理过程，使用 SLED 来产生真正的随机数字序列，这对从游戏到安全密钥生成等应用来说都颇具吸引力。

非线性光源

正如 Peter Franken 在 1961 年通过倍频红宝石激光脉冲所证实的，脉冲激光器提供非线性效应所需的高场强。传统上，低次谐波被认为是激光的微小变化，但更为复杂的激光泵浦非线性过程不被认为是激光源，因为它们的输出不是受激发射。

参量频率转换过程在无线电技术中众所周知，20 世纪 60 年代初，理论家预测了光与其之间的相似之处。1965 年首次得到证实，Philco Applied Research Laboratory 的 Charles C. Wang 和 George W. Racette 报道了首次光学参量放大。[3]

两个研究团队独立展示了首个光学参量振荡器——贝尔实验室的 Joe Giordmaine 和 Robert Miller，以及莫斯科国立大学的 Rem Khokhlov、Sergey Akhmantov 和 Alexander Kovrigin。

早期实验较为困难，输出非常微弱。1967 年 9 月刊介绍了首个可调谐的参量光源，由斯坦福大学的 Stephen Harris 和他的学生 M. K. Oshman、Robert L. Byer 研发而成，发射约 10~12 W 的光。Harris 称其输出在 540~660 nm 之间可调谐，“不完全，但几乎与激光光源一样纯净。”[4]

超连续谱光源在 1969 年 GTE Laboratories 的皮秒激光实验中出现。Robert Alfano 和 Stan Shapiro 开始着手利用新的皮秒激光器测量声子寿命。“当激光第一次辐照到玻璃中时，我们看到了一些奇怪的现象。我们送入绿光，但它发出所有的颜色，”Alfano 回忆说。考虑到光谱仪漏光，他们挡住除了输入狭缝以外的所有物体以阻挡杂散光，但白光仍然出现在感光板上。只有当用偏光彩色底片取代平板时，他们才意识到在产生缤纷的色彩。

是什么在产生颜色？他们首次意识到皮秒脉冲的快速强度变化引起自相位调制。进一步的实验表明自聚焦在产生其他人已预测过的成丝和点。他们还发现，四波混频将输入脉冲中的两个光子转换成超连续谱中的 Stokes 和反 Stokes 的位移对，并在 Physical Review Letters 上报道了详细结果。[5] 超连续谱光源继续吸引研究者多年。1977 年 2 月刊的封面故事（见图 7）展示了哈佛大学 Nicolaas Bloembergen 实验室利用 30 ps 的脉冲照射到水中产生的靶形彩虹。

与此同时，一些非线性光源开始寻找应用。在 1975 年 2 月刊中，Chromatix 公司公布了一款“可调谐激光系统”，利用 Nd：YAG 激光泵浦，加上用于红外波段的 OPO，用于可见波段的染料激光器，以及紫外谐波产生，获得涵盖 225~3400 nm 的波长范围。1976 年 11 月刊中报道了 Byer 公司的计划，将二氧化碳激光的

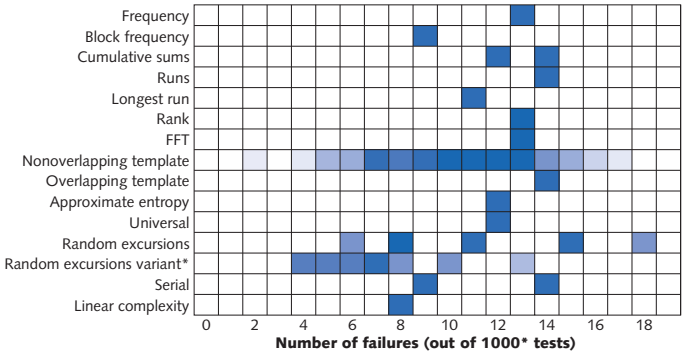


图6：2011年5月刊报道了通过物理过程，使用SLED来产生真正的随机数字序列，这对从游戏到安全密钥生成等应用来说都颇具吸引力。

10 μm 输出拉曼频率到 16 μm，用于在六氟化铀中富集铀同位素。

20 世纪 90 年代，当可调谐红外光源可以通过热寻导弹偏转对飞机的攻击时，OPO 悄然找到了进入军用系统的方式。如今，它们正在被量子级联激光器所挑战，但仍然是用于定向红外对抗的主导技术，笔者在 2014 年 4 月特刊中对此进行了报道。

“在过去十年中，（参量光源）的发展更多的是在机械和光学工程上，而不是物理方面，”美国 Altos Photonics 公司总裁 Lucian Hand 在 2014 年 12 月刊向笔者透露。新系统更易于使用，并能很好地承受温度和振动。他们已经将系统运到山上用于校准望远镜的传感器。

研究以其他方式受益。超连续谱对飞秒频率梳而言是至关重要的基石，频率梳是一种极为敏感的光谱工具，为 John Hall 和 Ted Hänsch 赢得了 2005 年诺贝尔物理学奖，*Laser Focus World* 在 2005 年 12 月刊中对此进行了报道。

现在和未来的光源

经历了半个世纪，闪光灯泵浦正从激光器市场中衰落。传统的灯泡现在正面临来自激光驱动等离子光源的竞争，比如由美国 Energetiq Technology 公司生产的那些光源。将 CW 激光二极管光束聚焦到充有氙气的灯泡中，产生 100 μm 的等离子体斑，比普通灯泡产生的光斑更明亮、寿命更长。

半导体光刻技术的未来，可能取决于由脉冲二氧化碳激光轰击锡微小液滴，来产生发射 13.5 nm 的等离子体极紫外光源，但这是一项困难的任务。

光子晶体光纤的发明通过允许设计者控制光纤特性，如色散和单模芯径，已经为非线性光源带来了一场革命，英国 Fianium 公司的 Adam Devine 和 Anatoly Grudinin 在 2013 年 6 月特刊中写道。他们指出之前十年超连续谱功率增加了一个数量级，以及具有更宽的带宽。

Alfano 指出，操纵色散是一大进步，因为它允许使用纯正常色散光纤，所以可以得到没有孤子、也没有可以破坏超连续谱的其他效应的纯自相位调制。新型光纤可以利用桌面钛宝石激光器产生超连续谱，一些公司正在销售超连续谱光源。Alfano 沮丧地记得在 GTE 时，懒得将皮秒激光瞄准到正在研究的光纤中，说到“伙计，我把它搞砸了。”但对于 45 年前的技术水平来说，他只是比较现实而已。现在，他对超连续谱用作大脑和其他生物成像的宽带光源的前景感到兴奋。

新的微结构光纤也为基于光纤的 OPO 打开了大门。基于光纤的 OPA 也已展示。进一步的改进将提高宽带超连续谱光源可获得的强度。

LED 将会对整个社会产生广泛的影响，因为它们将转变人工照明。通过替换白炽灯和荧光灯，LED 减少了照明成本和对环境的影响。红光、绿光和蓝光 LED 的新组合使颜色可调谐照明成为可能，用于从辅助睡眠和提高工作效率。随着 LED 技术的发展，我们将发现新的、更具吸引力、更环保、更高效的方法来使用它进行照明。❑

参考文献

1. Charles A. Burrus and B. I. Miller, Opt. Commun. V, 4, 307–309 (Dec. 1971).
2. T. P. Lee, C. A. Burrus, and B. I. Miller, IEEE J. Quantum Electron., QE-19, 820 (1973).
3. C. C. Wang and G. W. Racette, Appl. Phys. Lett., 6, 169–171 (1965).
4. S. E. Harris, M. K. Oshman, and R. L. Byer, Phys. Rev. Lett., 18, 732 (May 1, 1967).
5. R. Alfano and S. Shapiro, Phys. Rev. Lett., 24, pages 584, 592, and 1217 (1970).

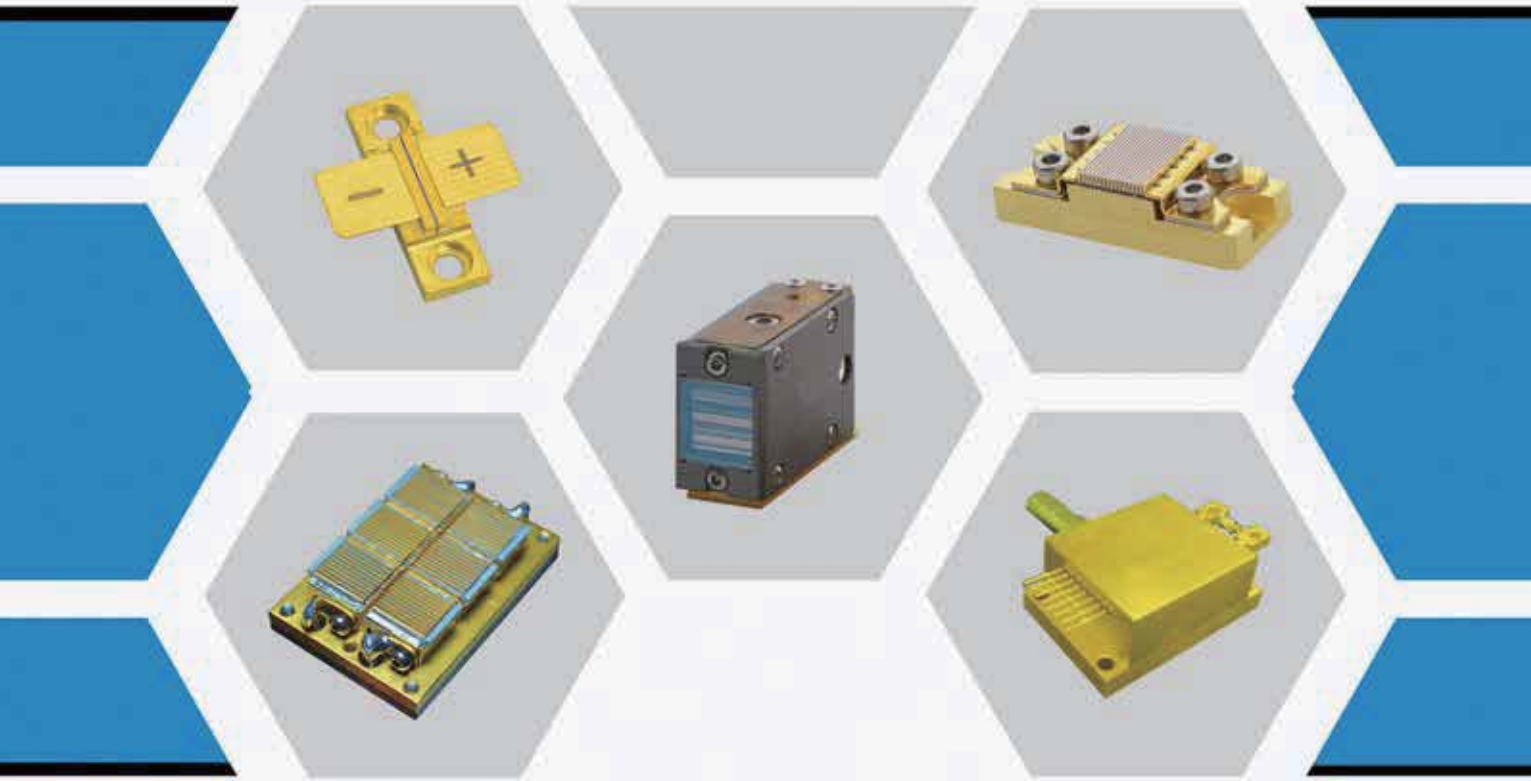


图7：1977年2月刊封面展示了哈佛大学产生的靶形彩虹超连续谱。

华芯光电
EverBright

激光动力之源

高功率半导体激光器——医疗美容系列



关于华芯光电

华芯光电——异军突起的一家半导体激光器高新技术企业。公司配合客户提供专业的设计方案、高品质的产品、完善的售后服务。我们愿与您携手，共创激光医疗美容、科研、工业新风尚，期待与您的友好合作。

地址：江苏省苏州市高新区科技城锦峰路8号
邮编：215163
联系电话：+86-512-69372570
传真：+86-512-69372559
网址：www.everbrightphotonics.com
邮箱：Sales@everbrightphotonics.com

微信扫一扫
获取华芯光电更多资讯

气体激光器

一氧化碳激光器瞄准高功率应用

文/John Wallace

尽管发射波长接近 5 μm 的一氧化碳（CO）激光器已经存在了几十年，但是其并没有获得像“与其相似的、主要输出波长为 10.6 μm 的二氧化碳（CO_2）激光器”那么多的应用。最近，美国相干公司发布了一款 CO 激光器，其专门设计用于材料加工（如玻璃切割）、医疗、光谱学和研究等应用。

“与 CO_2 激光器一样，CO 激光技术发展于 20 世纪 60 年代中期，”相干公司 CO_2 激光器事业部市场销售总监 Andrew Held 说，“CO 激光器之所以具有吸引力，是因为其具有比 CO_2 激光器效率高两倍的潜力。然而，CO 激光器也面临着一定的挑战：早期的 CO 激光器需要冷却才能高效地获得高功率（非常高功率的版本实际上采用低温冷却），并且激光器输出功率会迅速下降。典型寿命最多只有几十个小时。因此，CO_2 激光技术便在随后的发展中‘胜出’，并且逐渐发展成为气体激光器的标准。”

但是相干公司已经通过自身的技术实现了一种 CO 激光器设计，其能在室温下高效运行于 5~6 μm 的波长范围，具有高输出功率，并且能持续数千小时，Held 说。新型 CO 激光器采用了很多与“相干公司多年来为 CO_2 激光器研发的技术”相同的技术；例如，相干公司 CO_2 激光器使用的射频（RF）供电技术可以应用于 CO 激光器。

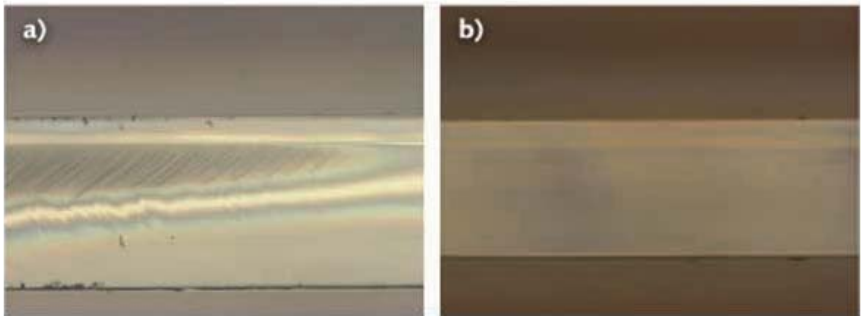


图1：利用Nomarski微分干涉差显微镜观察的0.7 mm厚康宁CT24玻璃的横截面图。CO_2激光器切割的样品表现出残余应力（a），而利用CO激光器进行的切割没有缺陷（b）。

相干公司已经测试了许多基于该公司的波导和板条架构的、不同的 CO 激光器原型；激光输出功率从 20 W 到 1 kW 以上不等。该公司已经在 2015 年 6 月的德国慕尼黑光电展上展示了首台高功率 CO 激光器，可以运行于高峰值功率脉冲模式，平均功率达到 200 W 甚至更高。

“采用 5 μm 进行材料加工有许多优势，其中最主要的是光 / 材料相互作用方面的优势，”Held 说。“与 CO_2 激光器 9~11 μm 的激光输出波长相比，该 CO 激光器 5 μm 的输出波长可以产生显著区别的相互作用，这可以简单地归因于不同的吸收系数。许多薄膜、聚合物、印刷电路板电介质、陶瓷和复合材料对 CO_2 激光具有（比 CO 激光）更强的吸收。5~6 μm 的激光在硫系和重金属氟化物光纤中具有非常低的衰减，展现了适用于光纤传输的潜力。无法实现 CO_2 激光器的光纤耦合输出是其相对光纤激光器的一项主要缺点。”

玻璃切割

受这种吸收系数的差异影响最显著的一项应用是玻璃切割，Held 解释说（见图 1）。“在基于 CO_2 激光器的玻璃切割中，10.6 μm 的输出在表面被强烈吸收。在表面产生的热随后必将扩散到体材料中；随后采用水喷式冷却以产生热冲击，从而在玻璃中产生划线。对于较厚的玻璃基板，之后再采用机械断裂。CO 激光器的整个工艺是相同的；然而，5 μm 输出的玻璃吸收要低得多。因此，光直接渗透并进一步深入到体材料中，使得在玻璃的厚度上加热更均匀。”

Held 补充说，测试结果已经展示了几项重要的优点，包括无表面熔化、无裂纹，且在玻璃中无残余应力。其结果是更高质量的切割、更强的玻璃和更宽的切割加工窗口。

下转第26页

特种光纤

中红外空芯光纤助力光谱学应用

文/Gail Overton

虽然在过去的十年中，中红外（mid-IR）激光器在技术方面获得了持续发展，但是中红外光纤和其他的支撑光学组件——对将中红外能量传输到工作表面或被处理的样品而言至关重要——常常难以获得。

为了确保其高光谱成像、光谱仪和气体传感系统免受中红外光束传输不佳的困扰，美国 OptoKnowledge Systems 公司将罗格斯大学开发的技术转移到了中红外到长波长红外（LWIR）光纤系列的生产中。

通过在毛细管内壁沉积银和碘化银膜层，OptoKnowledge 公司制作了多模空芯（零背反射）光纤，其工作在 2~14 μm 波段，并提供工作波长大于 5 μm 的单模版本。光纤的内孔直径为 200~1000 μm，长度相关损耗为 4.0~0.1 dB/m，输出发散半角为 50~30 mrad，适应 5~100 W 的功率水平。现在，研究人员正在证明这些中红外光纤有助于各种各样的光谱学应用。

痕量气体传感

意大利巴里大学的研究人员借助于 OptoKnowledge 公司的工作于 5.1~10.5 μm 的单模光纤，利用石英增强的光声光谱型传感器，并由单模光纤耦合量子级联激光器（QCL）激发，演示了探测万亿分之一量级的六氟化硫（SF_6）。单模空芯光纤用于传输探测 QCL 光束、并改善光束质量；相比于使用针孔相，显然具有更高的信噪比（SNR）。

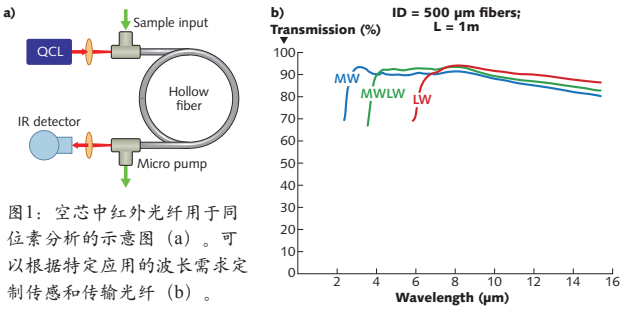


图1：空芯中红外光纤用于同位素分析的示意图（a）。可以根据特定应用的波长需求定制传感和传输光纤（b）。

燃烧诊断

斯坦福大学的研究人员正在通过中红外吸收光谱研究非侵入式燃烧诊断。空芯光纤将光束从远程位置传输到恶劣、高振动的环境中，例如，超燃冲压发动机燃烧室。在一组实验中，OptoKnowledge 公司生产了一款针对应用定制的双光纤探头，在普通接头中传输波长为 4~5 μm 之间的两个独立激光源的输出光。

血糖监测

Sabbir Liakat 在新泽西州的 Mid-Infrared Technologies for Health and the Environment（MIRTHE）小组工作，他的研究团队正在研发无创血糖监测仪器，其使用中红外中空芯光纤来传输探测激光束并收集反射信号。光纤——已经针对 8~10 μm 范围的透射进行了优化镀膜——使得激光源能够位于远离探针针尖的位置，并通过减少在患者身上进行测量时固有的振动效应来降低信噪比。

同位素分析

美国西北太平洋国家实验室（PNNL）已经开发出了一种同位素分析系统，其采用空芯光纤作为约束样品的气池，并将探测激光从 QCL 源引导至红外探测器（见图 1）。这种毛细管吸收光谱仪（CAS），在样品以及可调谐的探测激光之间具有接近 100% 的重叠（光束几乎与样品 100% 的面积相互作用，而其他方案中光束仅横切样品的一部分），用于对极小的样品体积进行高精度分析。

OptoKnowledge 公司正在努力将这种技术转移到工业界，并发展完整的系统。

“中红外光谱是一项极其强大的技术，它能够利用不同物种的独特分子指纹，应用范围从测量人体呼吸的生物标记物，到寻找火星上存在过生命的证据，”OptoKnowledge 公司首席科学家 Jason Kriesel 说，“我们的空芯光纤正提供新的工具，以改善这类系统的实用性和性能。现在我们正努力将该技术推向多个方向，例如改善单模功能、增加透过率，以及延伸我们目前中红外光纤技术的波长范围，同时也为太赫兹频率激光器开发新的光纤结构。”❑

OVC EXPO 2015

第12届“中国光谷”国际光电子博览会暨论坛

The 12th Optics Valley of China International Optoelectronic Exposition and Forum

OVC EXPO

2015年11月12-14日 武汉国际博览中心

中国最大光电子产业基地的国际盛会

展示范围

- 激光
- 光学
- 3D打印
- 工业自动化

2014 展会回顾

- 420家 参展商
- 50,000m² 展出面积
- 2,1493名 专业观众及买家
- 15个 境外展团
- 15场 行业高峰论坛
- 88家 专业媒体全面推广

扫微信二维码 了解更多精彩

"中国光谷"国际光电子博览会暨论坛组委会

电　　话：+86-27-87115260

传　　真：+86-27-87115261

邮　　箱：ovcexpo@ovcexpo.com.cn

展馆地址：湖北省武汉市汉阳区鹦鹉大道619号

TRUMPF　IPG PHOTONICS　Raycus　CHUTIAN LASER GROUP　锐科激光

Newport　rofin　华工激光　MITSUBISHI ELECTRIC　HAN'S LASER 大族激光

AMADA　TERADIODE　Huaray　UNITY PRIMA　DILAS

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

sungoal尚格会展 20th —20年，再出发！

新转变中的武汉光博会

“中国光谷”国际光电子博览会暨论坛（以下简称光博会）由国家八部委和湖北省人民政府主办。2002 年创办至今已成功举办十一届，累计 3929 家海内外企业参展，35 万观众参观，1130 名国内外光电领军人物参会，项目签约 251 个，内资签约总额 635 亿元、外资 8 亿美元。光博会已跻身全球知名光电子专业展会行列，同期举办的光电领域具有国际水准会议 100 多场，吸引了众多行业精英和诺贝尔获奖得者等顶尖专家学者参会是国内前三、中西部最大的光电子领域专业展会，也是湖北省政府主办的六大展会之一，已成为中国最大光电产业基地的国际盛会。

2015 年组委会创新升级，将打造一场具有鲜明信息产业特性的“物联网 +”国际光电展会。组委会根据展区特色，整合规划“光与制造馆”、“光与通信馆”、“光与生活馆”三大展馆。

A1 馆光与制造馆，以物联网产业链上游的感知接入技术和其对制造业的信息增值为主线，集中展示国内外光感制造、智能制造、视觉传感等物联网细分领域的最新技术与新产品。

光感制造展区集中展示激光加工、光学制造两个版式的内容，已吸引 TRUMPF、ROFIN、IPG、利泽莱恩、基恩士、华工科技、楚天激光等多家行业企业参展。TRUMPF 将展出基于工业 4.0 思路的远程智能设备调试技术及最新的基于碟片激光器的焊接系统。利泽莱恩将展出目前功率最大的新型激光器。ROFIN 将展出用于激光切割及焊接的高稳定性板条固体激光器。IPG 将发布最新的用于汽车车身焊接的成套系统，更加注重节能和安全。

A1 馆还设有智能制造展区，将展出物联传感技术、光电自动化、3D 打印；机器视觉展区将展出视觉传感器、智能相机、视觉编码、生物识别、图像识别；境外国家组团展区，将有美国、法国、加拿大、印度、韩国、德国、日本等多个国家的展团前来参展参会。





A2 馆光与通信馆以物联网产业中游的传送互联为主线，重点展示光通信、物联通信、光网硬件、移动通讯、大数据处理等物联传送及其与互联网、移动互联网融合发展的先进技术及产品。设有光通信展区、移动通讯展区、大数据技术与应用展区、光联创新展区四大展区。

A3 馆光与生活馆以物联网产业链下游的各类智慧产业应用和智慧生活应用为主线，主要展示移动互联网、智慧城市、智慧交通、智慧医疗、地球空间信息、智慧社区、智慧家庭等领域的先进产品技术及解决方案。设有智慧家庭及终端展区、智能交通及地球空间信息展区、智慧社区展区、智慧医疗展区、智能 APP 展区、智慧金融展区、智慧教育展区、互联网 + 电子商务、等八大展区。

（广告）

激光功率测量

激光器功率测量：时间就是金钱

文/ Sean Bergman，郑杰；相干公司

几乎每一种激光器应用都需要对激光器的输出功率进行测量，以获得最佳应用效果。对于工业应用，进行功率测量往往会妨碍生产，因此我们便需要权衡之间的利弊。其中特别需要考虑的因素是，测量带来的优势是否能超过因停产或减缓生产所产生的成本？要确定这一问题的答案，我们需要先回答以下问题：

- 工艺流程对激光器功率变化的敏感度如何？
- 激光器输出功率通常发生变化的速度多快？要保持工艺流程符合规格，需要多久进行一次激光器功率测量？
- 产能多大？如果在特定的一段时间内延迟进行激光器测量，会生产多少劣质产品，而为这些劣质产品付出的成本是多少？
- 进行激光器功率测量需要多长时间？测量导致的生产停机总成本或人力总成本是多少？

针对基于高功率激光器的高速工业流程，这些问题的答案往往表明，想要在测量频率和成本之间实现适当的折中是不可能的。这是因为传统的热电堆激光器功率传感器的速度相对比较缓慢，因此频繁的测量会导致较长的生产停机时间。然而，不进行频繁的测量就会导致较高的报废率。

如今，随着一种全新类型的检测技术的开发，这一情况已得以改观。该检测技术不仅具备热电堆技术的广泛波长灵敏度、大动态范围和高抗损伤能力，还具备与半导体光电二极管相当的快速响应速度。本文将介绍这种技术，以及它为三种不同应用所带来的优势。

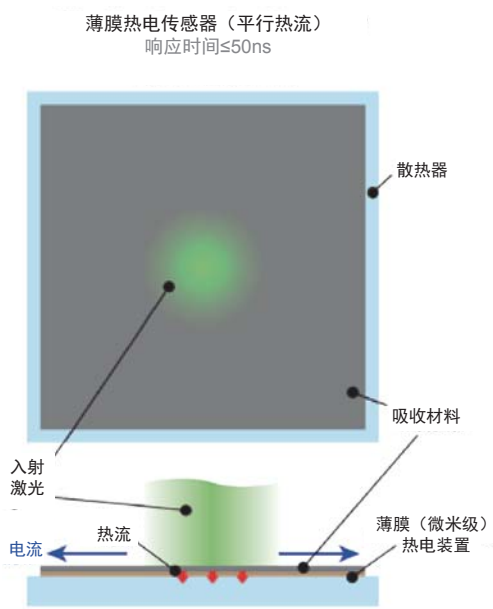


图1：传统径向热电堆构造导致测量速度减慢。

热电堆功率传感器

尽管热电堆的测量速度相对较慢，但长期以来一直被用来测量高功率激光器，因为高速的光电二极管探测器在较低的功率等级便会饱和。热电堆通常包括一个位于中心的吸光盘，围绕吸光盘周围的一系列热电偶，以及围绕在热电偶环周围的一个环形散热器。入射激光能量会落入吸光盘并被转化为热量。热量随后通过热电堆吸光盘径向传至散热器，后者通过风冷或水冷方式保持近乎恒定的环境温度。热电偶会将吸光盘和散热器之间的温度差转化为电子信号。仪表中经校准的电子器件再将电子信号转化为激光功率读数。

热电堆传感器具备诸多优势，其中包括极其宽广的光谱范围、可操作的功率覆盖范围广、高抗激光损伤能力和一致的空间响应（指对光束大小、位置或形状变化不敏感）。此技术的局限性在于：热量需要通过热电堆吸光盘壁，导致这项技术固有速度降低。激光器产生的热流要达到均衡状态，且显示器上的功率测量要达到稳定状态，通常要花费数秒的时间。传感器体积越大，达到稳定状态所需的时间越长。

薄膜热电技术

相干公司开发了全新的传感器架构，可以突破热电堆的速度限制。该架构使用的热电生成材料是薄膜，膜层厚度为微米级。吸收激光所产生的热量可以非常快速地轴向流过这些薄膜，到达下方的散热器。然后薄膜层的电子信号横向移向设备边缘，接入传感器电极后便可实现功率测量。

该架构将功率测量的时间常值减

少至微秒级，使其可以实现真正的瞬时功率测量功能，而不产生任何偏移。相干公司基于此技术的 PowerMax™-Pro 产品，既具有较高的测量速度，又保留了传统热电堆架构的所有优点。这些优点包括更大的有效面积（30 mm × 30 mm）、更大的动态范围（50 mW~150 W）、更高的抗损伤能力（14kW/cm²）和更广的波长范围（300nm~11 μm）。

这款新技术的优点在三种高功率激光器应用中得到了较好的验证，而它们最初使用的是传统的热电堆探头（这几种情况的激光器功率均太高，无法使用光电二极管直接测量）。

高功率激光二极管L/I曲线

半导体激光器制造商通常会根据激光的驱动电流测量他们生产的每件设备的光输出功率（称为 L/I 曲线），因为用户需要知道这一可变信息，以便为每件设备提供适当的电源。某个高功率近红外半导体 Bar 条的制造商报道称，他们表征化输出在 50~100 W 之间的激光器时，总共要进行约 60 项不同的测试。他们会逐步增加驱动电流，并测量每个增长值对应的输出功率。该制造商正在尝试针对 L/I 曲线中的任何扭折或像差，以及针对最大安全驱动电流，确定其阈值电流（开始发出激光的电流值）。因此他们需要一个具有足够大的动态范围探头，能够分析较低功率下 L/I 曲线的所有功能，还能最终测量到设备的最大输出。

使用热电堆探头，整个测量过程（包括将传感器归零校正，将其暴露在半导体激光器下，使其长时间地进行读数以获得稳定的测量值）需要约一分钟。这就意味着，完成一整套的 60 次测量需要约一小时。

而 PowerMax-Pro 探头的瞬时测量能力可以使此速度加快 10 倍，几乎只需数秒钟即可完成。这就大大减少了测量时间，从而降低了制造商的成本。不仅如此，制造商还能进行更加个性化的测量，在必要情况下测量 L/I 曲线的每处细节。

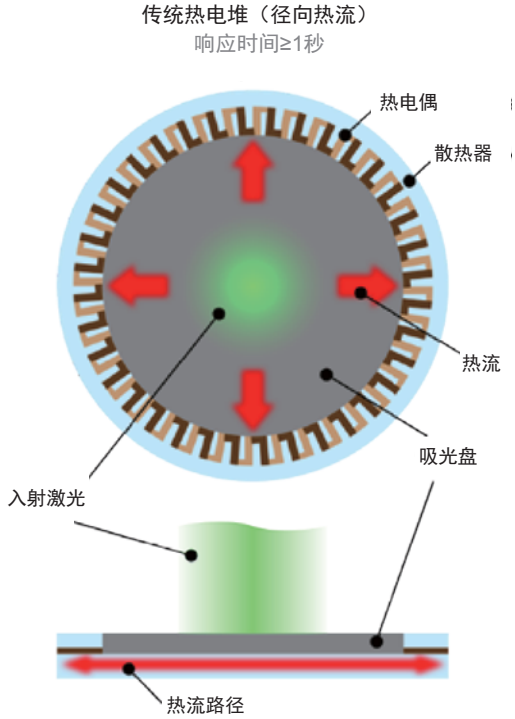


图2：PowerMax-Pro传感器基本配置：热流路径缩短，加快了测量速度。

燃料喷嘴钻孔

汽车制造商始终致力于生产更环保、高效的引擎。他们发现更小尺寸的燃料喷嘴钻孔可以更精确地控制孔形状和锥形座，对提高燃料效率和减少碳排放极为重要。最近，皮秒脉冲宽度工业激光器的出现，为在钢铁中钻出此类小孔（直径 100~200



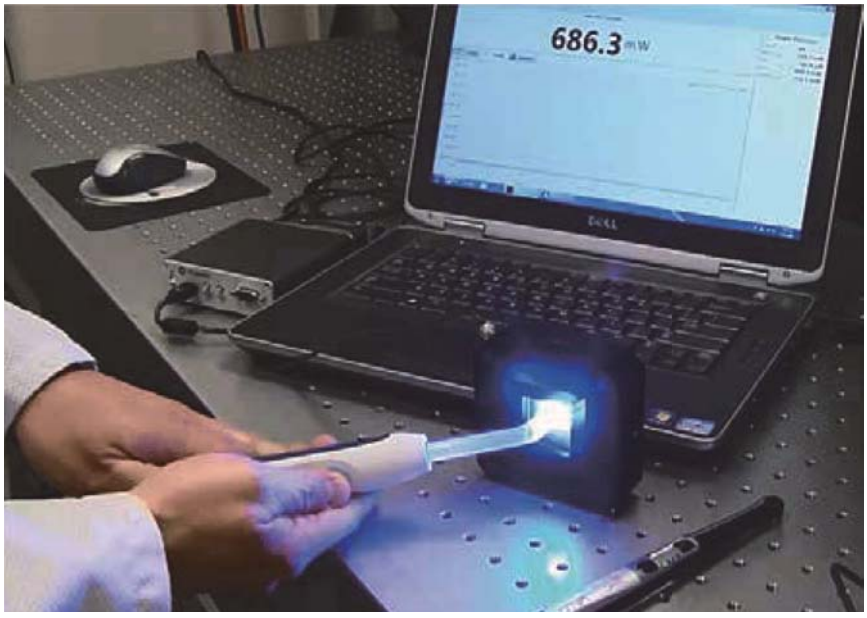


图3：一名制造商在测试用于固化陶瓷补牙填充物的LED灯管。

μm）提供了绝佳的解决方案。

对于一个自己生产皮秒激光器钻孔机器的燃料喷射器制造商来说，这种高速的工艺流程对于激光器输出功率较为敏感。他们的机器每秒可钻不计其数的孔，所以如果脱机进行功率测量，会对生产造成严重的影响。然而，他们必须对激光器功率进行严格控制，以确保打出的孔符合要求的精度。

使用热电堆探头进行功率测量，必须将工件的光学元件头部移至探头处，并保持足够长的时间来获得稳定的读数。整个过程耗时约 30 秒，而利用这些时间，系统可钻出无数的孔。

现在，该公司已经改为使用 PowerMax-Pro 探头。同样，这款产品将测量周期时间缩短了约 10 倍之多。实际上，整个测量时间极其短暂，甚至可以在固定喷射器嘴的机械装置移动到位的自然停顿时间内完成测量。最终制造商将可以进行更频繁的测量，同时提高工艺流程的一致性，减少报废量并提高产能。

补牙填充物固化

陶瓷补牙填充物通常使用粘胶树脂粘贴到患者的牙齿中，并暴露在紫外光（UV）下进行固化。要适当地固化该树脂，必须将其暴露在正确的总紫外光功率水平下，并持续适当的时长。

基于 LED 的紫外固化光，通常由手持电池供电的灯管形式产生。由于 LED 的输出通常会分阶段增长，完全表征化灯管的输出，需要测量从最初启动直至达到全功率的输出。

但是，最新的紫外固化光能够比之前的模型更快达到最大功率。热电堆探头不够快，无法精确地与此功率增长保持同步。可以使用光衰减器或分束器来减少功率输出，以实现使用光电二极管进行测量，但这并非最理想的解决方案，因为正确验证此医疗设备的最大输出功率至关重要。直接测量全功率下的 LED 输出，就可轻松满足这一要求。

PowerMax-Pro 探头响应迅速，可与 LED 灯管从最初启动开始始终保持完全同步，从而获得精准测量值。而且，它饱和度较高，可测量到设备的全功率输出。一家 LED 灯管制造商看中了 PowerMax-Pro 的这些优点，已改为使用该产品代替之前的方案。

结论

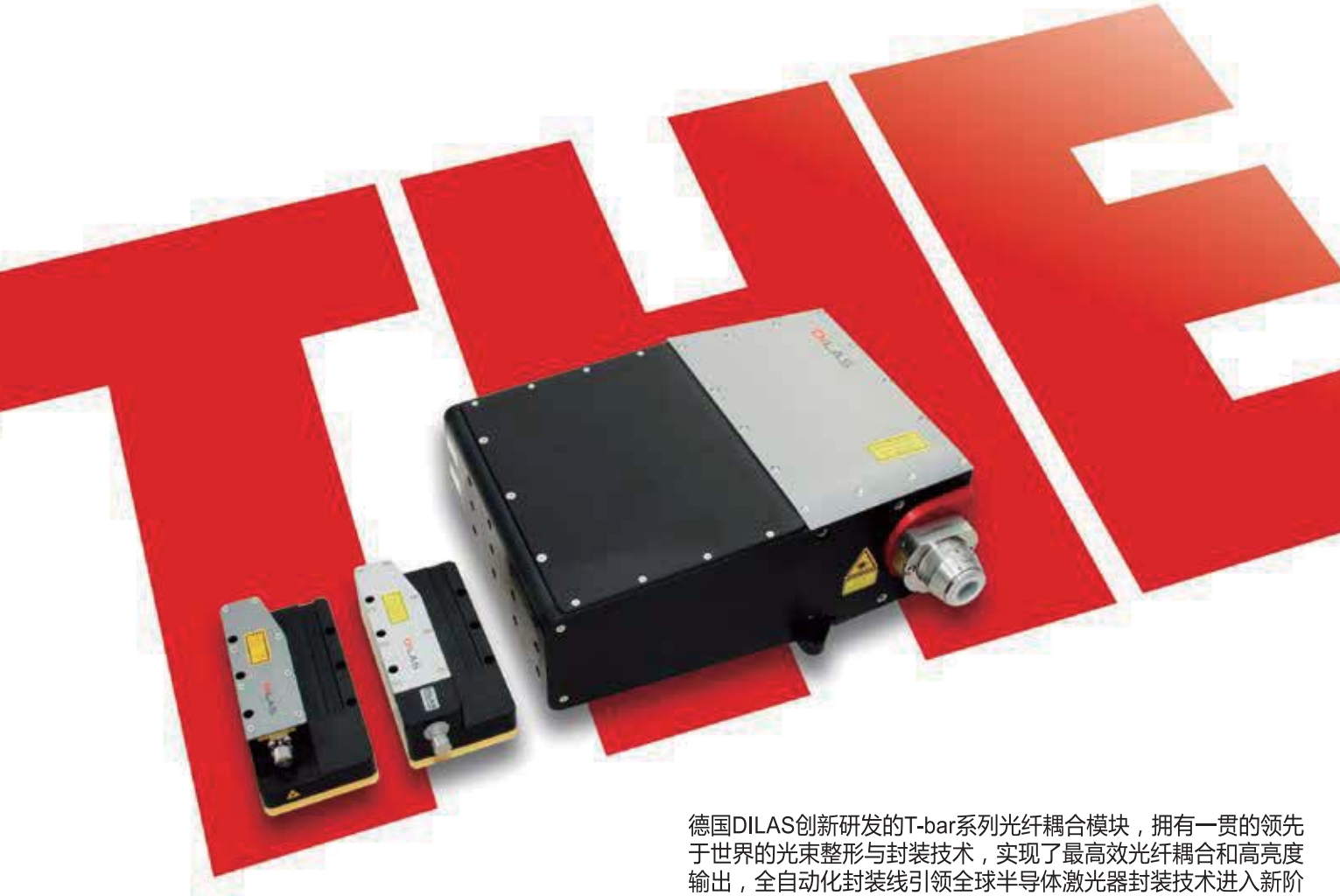
随着基于激光器的工业流程的精度和产能不断提高，更快和更精确的激光器功率测量也变得更为重要。我们的新技术可以完全满足这种需求，提供从紫外到红外范围的高功率激光器的快速功率测量。采用了此技术的制造商已见证了产能得以提高、工艺流程控制得以改进、成本得以降低等诸多好处。❑

上接第20页

CO 激光也使得径向（自由）玻璃切割成为可能；与此相反，CO_2 激光器只能进行直线切割，因为固有的圆形输出光束必须被重新整形为长的细光束，以分散在表面产生的热量。弯曲切割在智能手机显示屏应用中尤其重要，因为经常需要弯曲的转角或形状以适应按钮和控制。利用 CO 激光器可能实现弯曲和自由形式的切割，其圆形光束直接穿透进入玻璃，不会出现由于控制扩散过程的困难而产生的不良热效应。此外，CO 激光器的波长更短，可以获得比 CO_2 激光器更小的聚焦光斑，或者对于同样的光斑大小具有更大的焦深；更大的焦深可以获得更大的加工窗口，使得区域加工时具有更大的视场。❑

千瓦级光纤激光器泵浦源

T-bar纤耦合模块全面超越多单管光纤耦合模块



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

突破传统单管的限制，DILAS的T-bar系列将为您带来更具竞争力的高效集成。更便捷的冷却方法，保证了模块在恶劣环境中的突出表现。稳定的波长，紧凑的设计以及卓越的光学设计，让T-bar系列成为千瓦级光纤激光器泵浦源首选解决方案。适用于各种不同领域应用的T-Bar系列光纤耦合模块也在不断地研发与上市中。此外，T-bar系列的性价比也超越传统单管光纤耦合模块。

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

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

DILAS
The diode laser company.
DILAS.COM.CN

空芯光纤

空芯玻璃光纤同时传输用于手术的 CO_2 激光束和瞄准光束

文/Teodor Tichindelean，Molex公司

具有内表面涂层的空芯二氧化硅光纤，能够为手术应用同时传输CO_2激光和可见瞄准光束。

二氧化碳（CO_2）激光器输出波长10.6 μm的红外（IR）光，目前其已经作为一种切割工具广泛应用于耳鼻喉科、眼科、妇科、皮肤科、整形外科以及普通外科等众多医疗领域。

CO_2激光器的输出光能被存在于患者的皮肤或组织内的水份所吸收，因此该类激光器在美容和皮肤治疗领域的应用已经广为人知。在治疗过程中，CO_2激光器的输出光，仅产生很窄的一层热损伤，足以封住真皮血管，并且损伤层足够薄，以减少潜在的疤痕。相比于激光换肤和其他皮肤治疗过程中使用的机械磨损或化学药剂，激光治疗方法已被证明非常有效。

激光设备也广泛应用于其他临床应用中。例如，在传统的开放手术和腹腔镜手术中，医生可能使用广泛的激光波长和传输系统，用于切割、气化及去除组织，包括去除肿瘤或息肉、肾结石或前列腺组织等。

利用CO_2激光实施的手术，通常被称为“无血手术”，这种手术方式允许外科医生将精力集中在一个很小的面积上，通过减少术中出血和术后疼痛与不适、促进手术后伤口愈合，为患者提供更加舒适的手术体验。激光密封淋巴管和血管，可以减少术中出血和术后肿胀的发生。仅为0.03 mm的穿透深度和神经末梢的密封，能够实现较少的水肿和疼痛，为患者提供更加舒适的术后恢复，降低感染风险。

为了获得最佳临床效果，激光手术需要训练有素、手艺娴熟的专业医疗人员来进行。对于临床医生而言，CO_2激光手术的益处包括更好的手术区域可视度、更高的精确度和可控度，以及更短的手术时间。激光束的直径和功率可以调节，用于快速切除数目较多的组织或是仅仅切除几个组织层。激光束在切割组织的同时，还能够密封毛细血管和小血管。这极大地减少了术中出血，让手术医生能够获得一个更加干燥和更加清晰的手术部位。被激光切割的组织和周围完整组织之间的边界非常清晰。在无需外力的情况下，CO_2激光可以透过周围组织蒸发病灶，从而密封血管并尽量减少出血；因此，当在手术过程中需要一个不流血视图的情况下，这种手术方法非常有用。此外，由于组织病灶的高温蒸发，也使得伤口可以在无菌环境下处理。

根据手术具体执行过程的不同，激光治疗技术也有所不同。无论是从设计角度还是从临床角度来看，激光



图1：针对CO_2激光器在外科中的应用而提供的一种新型高效传输空心波导设计，其包含一根玻璃管，玻璃管的内表面涂有银和碘化银（AGI）薄膜，外表面带有保护包层和护套。当与CO_2激光器耦合到一起时，这种光纤为外科医生提供了一种柔性光传输工具。

的功率密度都直接影响着激光与人体组织之间的相互作用。通常情况下，外科医生可以舒适控制的最高功率密度，将产生最佳的治疗和手术效果。这使得组织最低限度地暴露于激光束的传导加热过程中，从而降低了对周围组织的潜在伤害或损伤。此外，每种激光波长对人体组织都具有其独特功效。外科医生不但必须要完全了解需要执行的手术过程，而且还要拥有“所选择使用的激光技术系统”方面的相关知识技能，以便能够在手术中快速熟练地安装和使用激光技术。

光纤传输

对于医学临床医生和医疗设备设计者而言，充分理解特定的 CO_2 激光器传输系统的传输能力至关重要。机械手臂式的 CO_2 激光器是一种老式技术。目前已经采用光纤传输技术来替代成本高昂、笨重不灵活的机械手臂。直接光纤传输系统包括用于钬激光器的裸光纤和用于 CO_2 激光器的空芯波导。

除了摒弃在嵌入反射镜或透镜的机械手臂中传输 CO_2 激光束之外，空芯波导还能为医疗激光应用提供一种灵活可行的选择（见图 1）。空芯波导强大柔韧，能够很容易地在应用中改变光束切割的方位及角度，进而满足很多特定应用的需求。由于典型的二氧化硅光纤对波长超过 2.1 μm 的光具有很强的吸收能力，因此传输 CO_2 激光器的发射光需要选用其他不同的传输技术。在高功率激光传输应用中，红外传输空芯二氧化硅波导（HSW）是实芯光纤的一种极好的替代方案。空芯二氧化硅波导可以提供诸多优势，如高激光功率阈值、低插入损耗、无终端反射及高精度。

为了在灵活坚固的封装中传输 CO_2 激光功率，Polymicro Technologies 公司将其设计的空芯光纤命名为 MediSpec HSW，其由具有内部光学反射银 / 碘化银涂层的熔融石英毛细管组成。为了保护和提高波导的强度和灵活性，毛细管带有外部保护聚合物缓冲层。其内部的电介质层针对 10.6 μm 波长进行了优化，以降低光功率损耗（见图 2）。

由于采用空芯结构，因此需要采取合理的方式，避免在使用和保存过程中有任何污染物进入波导芯中。因为在波导芯中活动的污染物粒子，有可能对波导的内部涂层造成潜在的物理划痕，这将显著增加波导的脆弱性。

将激光功率耦合到 HSW 中，在很大程度上依赖于输入光束的特征。当将光耦合到光纤中时，应该小心避免用光照射玻璃本身，目标是在保持最小化输入数值孔径的同时，保持光斑尺寸小于波导芯直径。一个较好的经验法则是：在波导入口，保持聚焦光束直径大约为波导芯孔径大小的 70%。当然还需要对光束进行合理地聚焦居中，以避免光束射到波导的前边缘，从而产生最好的传输特性。

可见瞄准光束

优异的激光传导与精确可视的瞄准光束重叠在一起，是对于手持探测器和在手术室中使用的其他激光治疗设备的关键要求。专门为激光医疗应用而设计的专业 HSW 波导，具备传输中红外激光功率和可视瞄准光束的能力。相比于带有两根光缆（一根用于传输照明指示光，一根用于传输激光）的传统手持探测器，这种将激光功率传输和瞄准光传输集成在一起的光束传输系统，体积更加小巧紧凑，并且更为重要的是，它将大幅降低手术中因为缺乏操作精度保障而导致的激光烧伤风险。

该 HSW 波导专为中红外到远红外光谱范围内的广泛应用而设计，其光谱传输范围为 2.9~10.6 μm，能够传输 Er:YAG 激光器和 CO_2 激光器的输出光。该光纤可提供 500 μm、750μm 和 1000 μm 三种内径选择。光纤的乙烯护套材料具有生物相容性，能够承受医疗杀菌进而用于侵入性的医疗应用。该光纤符合 FDA 21 CFR 820 质量体系法规和 cGMP 的所有标签、包装和灭菌要求。❑

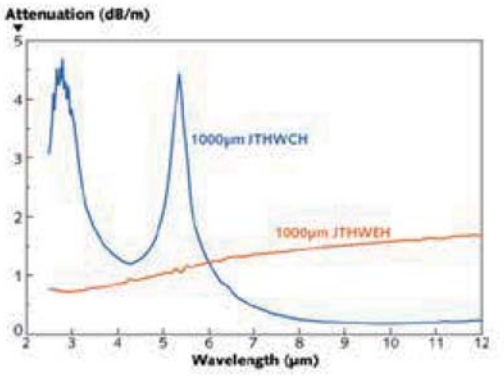


图2：专门为CO_2激光器在外科手术中的应用而设计的空芯玻璃光纤（JTHWCH，蓝色）的光谱衰减曲线图。图中显示，该空芯玻璃光纤在CO_2激光器输出的10.6 μm波长处具有较低的衰减。与之对比，为使用掺铒YAG（Er：YAG）激光器的手术而准备的传输光纤（JTHWEH，红色），在2.94 μm波长处具有较低的衰减。

参考文献

1. H.-S. Oh and J.-S. Kim, “Clinical application of CO2 laser,” CO2 Laser – Optimisation and Application, 357–378 (Mar. 21, 2012).
2. J. Clarkin, J. Shannon, and R. Timmerman, “Working with hollow silica waveguides,” Polymicro Book of Technologies (Aug. 30, 2006).
3. See http://bit.ly/1KqsgRB.

纳秒脉冲激光器的金属打标应用

文/IPG Photonics

IPG Photonics 不断致力于改进激光器的处理能力。尽管市场上已经出现很多平均功率为 500 W 的调 Q 激光器，但平均功率为 50 W 的激光器依然很受欢迎。下文将介绍重复频率提升至 200 kHz 的激光器，对于这些激光器，其重复频率的提升提高了它们在某些特殊应用中的处理能力。

重复频率

重复频率是描述单位时间内激光脉冲数量的重要指标。重复频率越高，单位时间内的工作脉冲数量越多，在高速度、高精细度加工时，可以获得更高质量的加工效果。

通用标记

平均功率为 20 W、重复频率为 20 kHz、脉冲能量为 1 mJ 是通用标记应用中常见的参数设置。很多金属标记采用的是高速单向字体的工艺，在重复频率为 20 kHz、脉冲能量为 1 mJ、扫描速度为 2 m/s 时产生肉眼可见的标记。这是因为在这样的速度和重复频率下，连续激光光斑几乎可以“摸得到“，同时还产生准连续的划线。IPG 生产的 20W 脉冲能量为 1 mJ、重复频率为 50 k Hz 的 YLP 激光器（如图 2）就可以实现这种金属表面快速剥离式的标记。

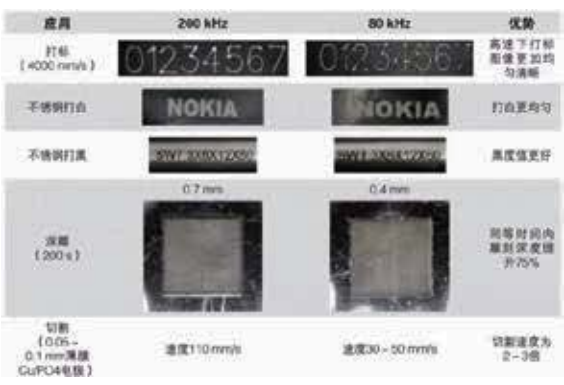


图1：200 kHz重复频率加工效果示例。

高重复频率下的应用

对于金属和非金属的某些应用，要求重复频率 >100 kHz。平均功率与脉冲能量和重复频率之间的关系如下：

平均功率（W）= 脉冲能量（J）× 重复频率（Hz）

当重复频率增加，脉冲能量、峰值功率和峰值功率密度（W/cm^2）就减少至金属表面剥离所需的最小值。在重复频率为 100 kHz、平均功率为 20 W 的情况下，脉冲能量仅需 0.2 mJ。此时用激光器很少会产生金属熔化，因此很少会出现金属烧蚀或者表面剥离。如果重复频率增加到 YLP 系列可达到的 200 kHz，脉冲周期将减少至 5 μs。由于光束和蒸汽之间会发生复杂的相互作用，在金属表面能看到几乎持续出现的光束，而且光束照射部位的金属表面温度，在相邻脉冲间不会产生变化。



图2：标准YLP系列激光器。

这一规律被应用于具有非常精细要求的金属表面处理。当扫描速度为 0.1~2 m/s 时，伴生了激光光斑的高度重叠。这使低能量脉冲能够对金属表面进行非常精细的处理，特别是在高速扫描对样件的热影响能够降低的情况下。结果是，在某种高度可控的方式下，金属表面的温度也可能局部上升。尽管这种加热可能会产生许多不同现象，我们将讨论其中两种与商业利益相关的激光标记。

（一）平滑表面粗糙——激光抛光

此方法中，仅处理掉少量的表面粗糙，降低了组件的表面粗糙程度。在某些实例中，该技术可以得到足够多的视觉对比度，以获得满意的标记。在图 3 中，标记表面粗糙度小于 1 μm。

（二）增加表面氧化物——彩色标记或打黑标记

常见的平均功率为 50 W 的 YLP 光纤激光器，重复频率已达到 200 kHz，因而它们的加工能力可以

拓展到一些特殊的应用。这里将重点介绍不锈钢氧化物打黑。

该技术还能够得到足够多的视觉对比度（取决于金属表面的状况），以获得肉眼可见的满意标记。如果通过选择功率密度、处理速度和激光器功率来仔细地控制工件表面的热输入，工件表面就会均匀受热。特别是对于不锈钢，在高温下极薄的原生氧化层得到了局部加强。随着表面氧化层厚度增加，由于工件表面反射光逐渐消失，首先能够观察到标记颜色的变化。当厚度增加超过 200~300 nm 时，肉眼观察到的标记变成了黑色，如图 4 所示。

与大多数激光打标技术相比，医疗器械的标识需要一种不同于以往的打标技术。这种暗氧化物打标被称为“黑色打标”（如图 5）。“黑色打标”也就是“金属打标”，这里所说的金属通常是指不锈钢。“黑色打标”的特点是形成一种黑色的氧化涂层，不会过多地熔化或破坏器械表面，在打标表面的光洁度方面具有显著的优势。由于并没有清除材料本身，所以打标过程完全不会破坏例如不锈钢材料本身所具备的重要功能性或抗腐蚀性。

对于这类打标有三个基本要求：

• 需要一个光滑表面以防止残余碎片的污染

• 标记必须呈黑色使肉眼可见

• 标记在设备工作过程中不能被腐蚀掉

如今，YLP 系列调 Q 光纤激光器能够提供这样高的重复频率，其脉冲间隔时间、脉冲周期可减少至 5 μs。但是由于激光光束与材料蒸气间复杂的相互作用，因此在材料表面可获得几乎连续的光束。通过选择功率密度、加工速度和激光功率来精确地控制激光热输入量，即可生成肉眼可见且相对较厚的暗氧化层。

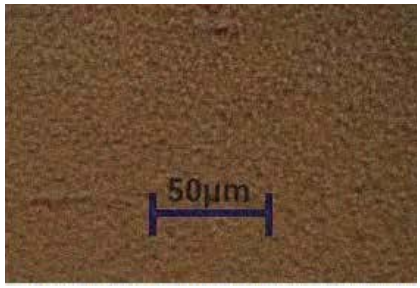


图3：标记表面的粗糙度小于1 μm。

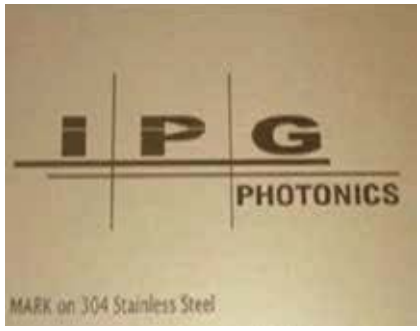


图4：50 mm × 90 mm 304不锈钢，在200 kHz下形成的光滑耐腐蚀标记。


图5：医疗器械不锈钢氧化物打黑。

在激光打标过程中，通过光栅扫描建立文字数字字符或者图表。正确调整光栅线填充间距，通过激光加热法在打标区域内获得平坦且光滑的氧化层。

YLP 激光器配备焦距为 163 mm 的光学系统，将会在工件上获得大小为 50 μm 的聚焦光斑，从而获得理想的焦深。因此，无论目标物与透镜间的距离如何变化，都可以实现打标加工。在此过程中，由于传导效应，激光在不锈钢表面加热而产生的实际氧化区域，比聚焦光斑的尺寸大。

结果

合作项目显示，304 不锈钢符合氧化物打标的所有要求。这项技术发展的关键在于室内加速腐蚀实验。这一实验是基于 ASTM F1089 标准，使腐蚀结果在几分钟内迅速得到反馈。而样品的最终验收实验是在高浓度盐溶液中浸泡长达一个小时，同时逐渐升高温度。其实验结果与其他在医疗设施产业上采用的腐蚀试验结果相吻合，例如多重高压循环实验。另外，许多不锈钢医疗设备在打标后需经过钝化处理，在此过程中标记不能被去除或者变模糊。

利用可见光显微镜技术，可以观察到当热输入量增加时，氧化层是如何从不锈钢晶界中形成的。值得注意的是，在激光加工过程中的热输入量过量时，氧化物也会出现过度生长。过量的热量输入会形成更加粗糙的表面，并且易被严重腐蚀。

与传统的闪光灯泵激光器相比，采用加工速度为 50~75 mm/s 的光纤激光器来完成这一加工任务，速度提高了很多。值得注意的是，最优激光参数会受到不同材料组成以及不同表面光洁度的影响。所以，每一个标记仍需要分情况处理，同时牢记此方案中的通用原则。

总结

IPG 应用中心制定出了在不锈钢上标识出抗裂纹腐蚀暗标记指南。IPG 凭借领先的打标技术水平，致力于帮助客户解决现有技术问题、为客户提供合适的打标应用解决方案。❑

非线性光学

非线性晶体实现超窄线宽频率转换

文/John Wallace

激光频率转换——例如二次谐波产生（SHG）——是非线性光学晶体的一项非常常见的应用。光通信和科研领域的许多应用需要非常窄的光谱线宽；传统知识认为，频率转换后的光的光谱宽度与非线性晶体的长度成反比，这意味着窄线宽需要很长的晶体——有时甚至太长以致难以制造。

最近，以色列特拉维夫大学的研究人员 Roei Remez 和 Ady Arie 突破了这一限制，能够使用更小的非线性晶体实现窄线宽频率转换。这两位研究人员已经制作出了“超窄线宽”倍频器来证明他们的方法。

该技术利用一种称为“超振荡”的现象，其中，带宽受限模式的振荡快于其最高的傅立叶分量。通过周期性调制非线性晶体的二次非线性系数，以实现准相位匹配相互作用，可以在非线性晶体中激活超振荡。

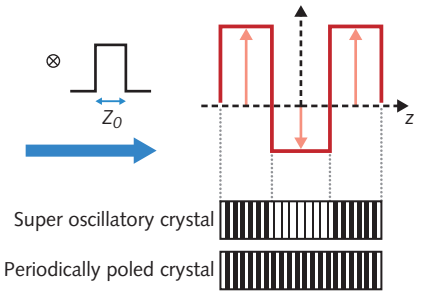


图1：超振荡非线性光学晶体出射的倍频光，具有比传统周期极化晶体更窄的光谱线宽。图中的实验晶体中有两个信道：超振荡和传统周期极化（对照信道）。

从理论上讲，频率转换光学输出的中心频谱瓣可以达到小至所需求的程度（虽然实际上有些限制）。研究人员指出，与相互作用长度呈函数关系的晶体非线性，和与相位失配呈函数关系的频率转换效率之间，存在傅立叶变换关系。

改良的周期性极化晶体

得到的超振荡晶体对周期极化晶体进行了改进，晶体中沿光轴的中心部分具有与两边外侧部分不同的占空比。

研究人员对用于倍频 1550 nm 波长光的磷酸钛氧钾（KTP）非线性介质进行了两种参数的计算机模拟：一个为 10 mm 长的周期极化晶体；另一个为超窄设计。结果表明，超窄设计的中心波瓣比周期极化设计的中心波瓣窄 58%。

接下来，研究人员制造了超窄类型的晶体，设计用于倍频 1550 nm 的泵浦光，泵浦光和谐波沿晶体的 z 方向偏振。该 10 mm 长的晶体分为三段，中心部分极化周期为 24.7 μm；中心的占空比为 0.5，而两边外侧区域的占空比为 0.26。作为对照，研究人员在相同的晶体中制造了占空比为 0.5 的标准周期极化信道，与实验信道平行。

晶体温度控制在 50 ℃；泵浦光束在晶体中被聚焦成 62 μm 的束腰，并通过斩波器进行调制。使用硅光电二极管测量二次谐波输出。生成的超振荡光谱带宽为 1.1 nm，比对照的周期极化信道中正弦旁瓣 1.8 nm 的带宽小 39%，也比对照的中心波瓣 3.6 nm 的带宽窄 69%。

通过测量二次谐波功率随泵浦功率的变化关系，确定了超振荡晶体的转换效率，在最佳波长 1550.8 nm 处为 3.4×10^{-4}%/W。对照（周期极化）信道具有 4.3×10^{-2}%/W 的峰值效率，第一旁瓣的效率为 2.5×10^{-3}%/W。研究人员还描述了一种将新晶体产生的旁瓣移出超振荡区域的方法，这有助于保持不是非常窄的输入信号要求。

研究人员表示，超振荡晶体方式对光学通信中的非线性处理和非线性滤波，以及光谱学和量子信息应用而言可能非常有用。需要相位匹配的其他类型非线性相互作用也可以受益，例如非简并的四波混频。该晶体甚至可以增强自由空间光束与波导模式或者表面等离子体极化波之间的耦合。❑

参考文献

1. R. Remez and A. Arie, Optica, 2, 5, 472 (2015);http://dx.doi.org/10.1364/OPTICA.2.000472.

CASTECH®
福晶科技

福建福晶科技股份有限公司（简称“福晶科技”），主要从事非线性光学晶体、激光晶体和精密光学元器件的研发、生产和销售，其产品广泛应用于激光、光通讯、半导体、生命科学、医疗设备和检测探测仪器等各工业领域。公司于2008年3月19日在深交所上市（股票代码002222）。

公司目前拥有900多名员工，超过4万平方米的新生产厂房。创立至今三十余年，公司逐步发展了熔盐法、提拉法、水溶液法等多种晶体生长技术；建立了包括德国LOH数控研磨机、韩国光进上下摆机、日本Speedfam双抛机、环抛机等在内的全套高精度光学元件生产线；开发了IBS、IAD、Ebeam等多种镀膜工艺以适应不同应用需求。此外，公司的检测技术与设备也处于业界领先地位，拥有Zygo、Nikon、Trioptics、Hinds等各类先进检测仪器。公司产品深受国际业界推崇，是全球众多顶级厂商的首选供应商。

公司新大楼



产品系列

一、晶体

1. 非线性光学晶体
2. 激光晶体
3. 绿光晶体组件
4. 闪烁晶体
5. 声光和电光晶体
6. 双折射晶体
7. 磁光晶体

二、精密光学元件

1. 球面和柱面透镜
2. 反射镜、棱镜、窗片
3. 波片、偏振元件
4. IBS，IAD高损伤阈值镀膜

三、激光及光通讯器件

1. 高功率光隔离器
2. 合束器
3. 包层功率剥离器
4. 被动调Q激光光源
5. 扫描场镜
6. 电光Q开关、温控炉(仪)

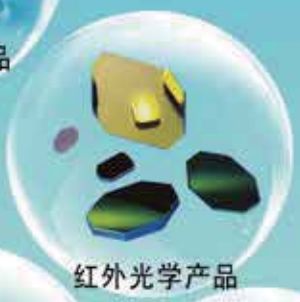


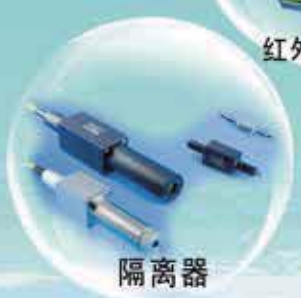














地址：中国福建省福州市软件大道89号F区9号楼　邮编：350003
电话:+86-591-83710533（总机）83771604 83512926（中国区）
传真:+86-591-83711593　Http://www.castech.com
E-mail:sales@castech.com

激光泵浦光源

四组 800 kW 激光二极管阵列泵浦高脉冲重复频率的 HAPLS 拍瓦激光器

文/John Wallace

美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室（LLNL）已经安装调试了世界上最高峰值功率的激光二极管阵列，总共产生 3.2 MW 的峰值功率。该二极管阵列由美国 Lasertel 公司研发制作而成，其将作为目前正在由 LLNL 建设的高重复频率先进拍瓦激光系统（HAPLS）的主要泵浦源。一旦完成，HAPLS 激光系统将安装在欧盟的极端光基础设施（ELI）Beamlines 中，目前捷克共和国正在建设该基础设施。LLNL 正在建设和调试 HAPLS 系统，并将于 2017 年开始安装并集成到 ELI Beamlines 装置中。

HAPLS 设计用于能够产生峰值功率高于拍瓦、重复频率为 10 Hz、脉宽为 30 fs 的脉冲。高重复频率是可以实现的，因为 HAPLS 不同于现有的由闪光灯泵浦的拍瓦激光器，它是由二极管阵列泵浦，能够以高重复频率提供千焦的脉冲到末级功率放大器中。

Lasertel 公司提供的每组激光二极管阵列，包含安装在水冷堆叠上的多个 888 nm 激光二极管巴条（见图 1）。该阵列的工作亮度为 10 kW/cm^2，Lasertel 公司表示这个亮度值是目前的世界纪录，重复频率为 10 Hz。每个阵列的总峰值功率为 800 kW，四组这样的阵列结合在一起，作为 HAPLS 激光器的主要泵浦源。将超过 50 万个组合激光二极管发射器结合在一起，能产生 3.2 MW 的总二极管光输入功率。

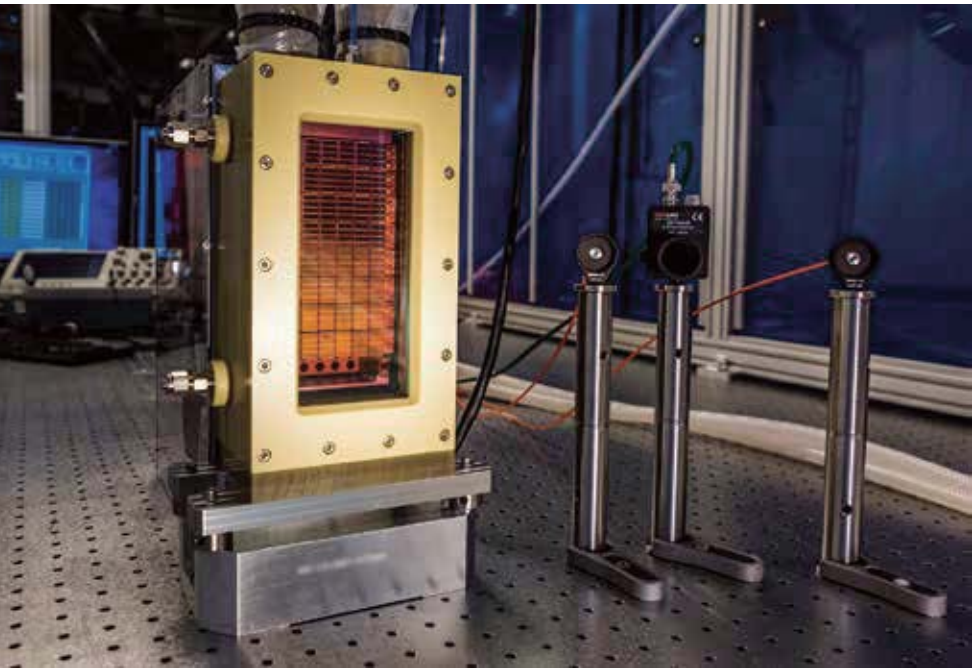


图1：Lasertel公司研发制作的800 kW激光二极管阵列，四组这样的阵列将泵浦高重复频率先进拍瓦激光系统（HAPLS）的末级功率放大器，HAPLS系统将安装到正在由捷克共和国建设的极端光基础设施（ELI）Beamlines装置中。

“激光二极管阵列根据 LLNL 的要求专门定制设计的，”Lasertel 公司销售兼市场经理 Robert Walker 说，“驱使定制需求的主要参数是阵列的峰值功率密度。 LLNL 的激光器需要 800 kW 的激光二极管阵列，发射面积小于 95 cm^2。这最终转化为要求 500 W 峰值功率的巴条，1600 个巴条的阵列，巴条间距小于 350 μm。先前 500 W 峰值功率巴条已经在单个巴条上得到展示，但从来没有在多巴条阵列中实现。Lasertel 公司的团队在不到 12 个月的时间内开发出了一种全新的定制激光器设计，将单巴条所展示的技术转移到 1600 个巴条的阵列上，峰值功率为 800 kW，电光转换效率接近 60%。”Walker 补充说，该阵列组件包括用作保护窗口的体光学元件，以及若干单体多巴条快轴准直光学元件。

脉冲电源系统

LLNL 开发的电源系统产生极高的电流，具有精确的整形电脉冲，

下转第41页

A & P INSTRUMENT®
科 藝 儀 器

激光 / 颗粒 / 教育 / 实验室设备的专家

德国系列

关注微信平台

500W-20000W

laserline 高功率光纤耦合半导体激光器



LDF 光纤耦合半导体激光器系统

• 功率可达 15000W











LDM 光纤耦合半导体激光器模块

• 功率可达 3000W

4.5W-15W

PHOTON ENERGY CEPHEUS 皮秒激光器



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

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

CEPHEUS 是一款具有非凡品质的皮秒激光光源

风冷 | 结构小 | 稳定 | 低成本

30W-2000W

directphotonics

DirectPump 900 系列

适用于高级应用的直接发光二极管激光系统



- 波长：976 nm
- 功率：600 W

应用：
- 高级激光泵浦应用
- 固体、碟片和光纤激光器的应用
- 脉冲光纤激光器的研究
- 激光制造
  - » 资质
  - » 老化
  - » 测试

DIRECTBOND 系列

适用于热处理应用的直接发光二极管激光系统



- 波长：808 nm
- 功率：30 W, 60 W

应用：
- OLED 显示器的熔融焊
- 热处理应用
  - » 锡焊
  - » 塑料焊接

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

400-886-0017

Apico | SYNRAD | laserline | SPI | Newport | Cambridge Technology | eternal sun | UNIVERSAL | MSP | Cole-Parmer | PANCO | NORTHROP GRUMMAN | FISBA OPTIK | directphotonics | QIOPTIQ | YAMAMOTO | PreSens | PALAS | matrix

香港 HONGKONG	北京 BEIJING	上海 SHANGHAI	广州 GUANGZHOU	深圳 SHENZHEN	成都 CHENGDU	武汉 WUHAN	台湾 TAIWAN	新加坡 SINGAPORE
T: (852) 2755 6578 F: (852) 2755 4549 info@anp.com.hk	T: (010) 6207 4835 F: (010) 6207 7434 bj@anp.com.hk	T: (021) 5523 3800 F: (021) 5523 3811 sh@anp.com.hk	T: (020) 6683 0899 F: (020) 6683 0898 gz@anp.com.hk	T: (0755) 8220 2428 F: (0755) 8220 2438 sz@anp.com.hk	T: (028) 8521 6348 F: (028) 8524 2667 cd@anp.com.hk	T: (027) 8759 1299 F: (027) 8759 1239 wh@anp.com.hk	T: (886) 2295 3164 6 F: (886) 2295 3988 3 tw@anp.com.hk	T: (65) 6655 0909 M: (65) 9090 0909 sg@anp.com.hk

超快科学激光器

超快科学激光器进一步拓展其应用

文/John Wallace

超快激光器的飞秒级脉冲宽度是科学研究以及捕捉通常发生得太快而难以测量的物理和生物过程的理想选择。

在当今的工业和医疗领，超快（皮秒和飞秒）激光器是一类重要的激光源，例如用于工业领域的智能手机屏幕加工以及医疗领域的激光眼科手术；但是超快激光器在研究领域中的应用，更加真实地展示了这类激光器的本色。事实上，所有这些类型的激光器都始于科学领域，因为最初的超快激光器本身就是个研究项目。

超快科学激光器的类型包括振荡器和放大器，两者都可以使用块体或者基于光纤的组件（或者两者）来构造。使用光纤可以获得更小、更坚固的超快科学激光器，尽管光纤也有一些固有的问题必须巧妙地加以管理，包括：高峰值功率和光纤（尤其是单模光纤）所承受的高强度，可能会导致光学损伤或者非线性光学效应。然而，在某些情况下可以善加利用后者，最为突出的例子是超连续谱光源，它依赖于光纤的非线性而产生高亮度的宽带光。

超快科学激光器，包括产生最短飞秒脉冲的激光器，已经商品化。这类激光器通常依靠复杂的技术来产生高品质的脉冲，例如载波包络相位（CEP）稳定，从而确保每个周期量级脉冲的相位被正确地对准到脉冲包络。为了产生不损伤放大器中元件的高能量放大飞秒脉冲，在脉冲进入放大器之前，啁啾脉冲放大（CPA）使用色散元件在时域上展宽种子脉冲；放大之后，高能量的脉冲再在时域上进行压缩。

从基于光纤的超快激光器制造商德国 Toptica 公司提供的图表中，可以看出超快激光器多年来的演变进程。首台超快激光器，基于染料增益介质，价格非常昂贵且不可靠；而基于固态增益介质，例如钛宝石（Ti:sapphire）和光纤的超快激光器，则具有高可靠性，以及适合于商品化的成本（见图 1）。

超快光纤激光器

“Toptica 公司生产基于镱（Yb）和铒（Er）增益光纤的被动锁模皮秒和飞秒光纤激光器，”Toptica 公司总裁 Wilhelm Kaenders 说，“多年以来，我们一直在使用保偏光纤和饱和吸收体技术，对于我们的一些光纤解决方案，目前已接近超过 30000 小时的使用寿命。”该公司的激光器发射波长为 780 nm、1030 nm、1064 nm 或者 1550 nm。

Kaenders 指出，Toptica 激光器的高连续操作时间，使得它们成为像太赫兹产生、多光子显微、双光子聚合（在其他用途中还可以制造光子显微结构用于研究）等科学应用的可靠光源，以及作为时序分布的精密光学时钟。这些激光器可以产生持续时间从 40 fs 至高达 10 ps 的脉冲，甚至进行主动重复频率同步，这对频率梳产生而言是尤为有用的一项特征。频率梳的许多科学

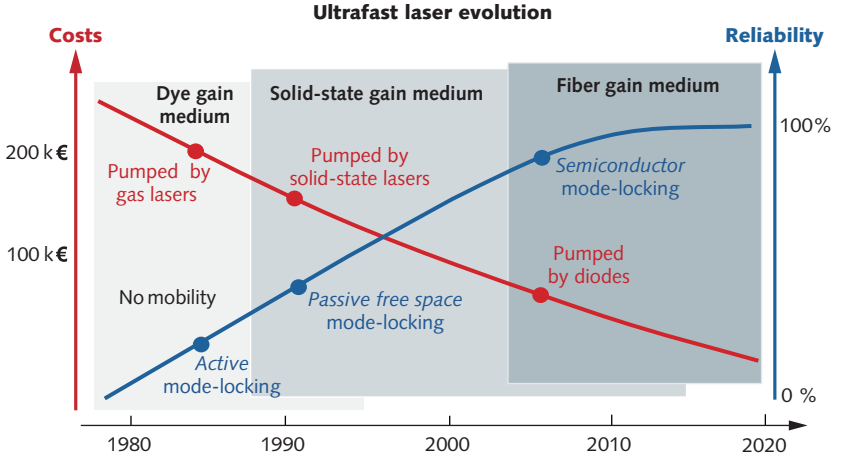


图1：图中展示了超快激光器的演变进程，从最初的染料激光器到最新的固体激光器和光纤激光器。

用途包括（但不限于）等离子体灭菌测量、寻找地外行星、超精密时间 - 信号传输、痕量气体探测和绝对距离测量干涉仪。

由于具有体积小巧的优点，超快光纤激光器成为钛宝石放大器的优异种子光源。例如，美国 Continuum 公司生产的 Q-Light-PM 是一款小型坚固仪器，外部尺寸为 18.4 cm × 15.7 cm × 6.5 cm，内部包含掺铒光纤激光器，发射倍频至 780 nm 的线偏振光，光束质量（M^2）达到 1.2 甚至更高，产生 110 fs 甚至更短持续时间的脉冲，重复频率为 30~40 MHz，产生 10 mW 甚至更高的平均功率；在该尺寸内还包含电控制器。除了作为钛宝石放大器的种子源之外，该激光器还可用于图像处理和生物医学研究。

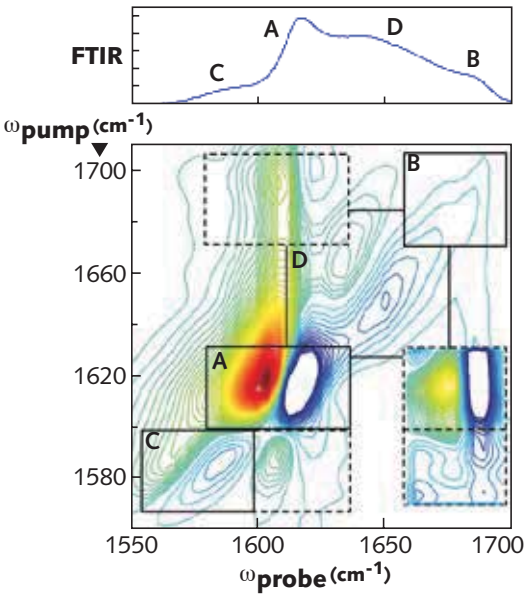


图2：美国PhaseTech Spectroscopy公司的2DQuick 2D IR光谱仪中，采用像相干公司的Astrella这样的放大器来泵浦光参量放大器（OPA），然后通过差频产生（DFG），可以产生宽带IR脉冲（>150 cm^{-1}），并且在2.6~11 μm的范围内可调谐。图中，FTIR仪器已经捕获了2型糖尿病相关的胰淀素的IR光谱（上图）。与此相反，框中高亮显示区域的2D IR光谱（下图）对应于肽的二级结构，展示了更多的信息。峰位C是由Ala-13的同位素标记产生的。其与A和B、而不是D的交叉峰，表明它位于纤维的β-sheet。

钛宝石激光器

相对于其他激光增益材料，钛宝石具有跨越 680~1100 nm 乃至更宽的巨大增益带宽，并且由于光谱带宽和脉冲宽度之间的傅立叶关系，需要大的带宽以产生超短脉冲。结果是，最短的激光脉冲通常是由钛宝石激光器发射的。

美国相干公司生产三种类型的超快科学激光器：振荡器、放大器和针对多光子显微优化的特种振荡器，连同定制这些装置输出的附件，例如，可调谐的光参量振荡器和放大器、谐波产生器，以及其他频移模态，相干公司的高级产品线经理 Nigel Gallaher 说道。

Gallaher 解释了工业钛宝石激光器的发展是如何帮助了超快科学激光器。“传统上，性能和操作简单性 / 可靠性之间的权衡是心照不宣的；如果你想要最先进的性能，那就必须愿意干预（真的动手！）你的超快激光器。”他说，“但在过去的两三年内，这种状况确实发生了改变。特别是我们终于看到极致性能和工业级简单性、可靠性之间的融合，相干公司称之为超快科学的工业革命。该工业革命的一个重要方面，是通过最终的测试方案实施严格的高度加速寿命测试和高度加速应力筛选 (HALT/HASS) 进步，这已在其他行业长久使用。”

作为一个例子，Gallaher 指出，标准产品 Vitara UBB 超快振荡器的脉宽小于 8 fs——在无需干预的型号中性能处于领先，能够在无用

激光光学件
现已推出
中国市场!
致力于激光方面的应用?
选择超过 250 种不同的激光光学件，可以快速交货。
TECHSPEC®
可变扩束镜
TECHSPEC®
高功率Nd:YAG
激光反射镜
TECHSPEC®
λ/20 高功率
激光窗口片
马上采购吧!
EDMUND
更多激光光学件?
访问我们的网站获得完整目录!
www.edmundoptics.cn/laser-optics
Edmund optics | china
Tel: +86 (0755) 2967 5435

户干预的情况下连续工作成千上万个小时。

相干公司型号为 Astrella 的钛宝石放大器是另外一个例子，相干公司的产品线经理 Joseph Henrich 说道。“这是我们对放大器产品概念的最新演绎，所有用于产生高度放大、重复频率为千赫兹的脉冲的元件都包含在单一的封装中。包括 Vitara 种子振荡器、展宽 - 压缩器，我们最新的放大器泵浦激光器和再生放大器本身。Astrella 特别有趣，因为它是我们的第一种一体式放大器，从开始到结束完全采用刚才提到的严格的 HALT / HASS 方案进行设计和测试。”放大器的 CPA 展宽 - 压缩器放置在一个密封的盒子中，无需用户干预。

该放大器提供 6 mJ 的单脉冲能量，M^2 小于 1.25，可以选择小于 35 fs 或 100 fs 的脉宽。35 fs 的脉宽转换成约 170 GW 的峰值功率——不需要对钛宝石增益晶体进行热电冷却就能获得。典型应用是各类光谱研究，包括：振动、电子、太赫兹，甚至通过高次谐波产生进行的内层电子 X 射线研究，这种技术产生阿秒光脉冲。

例如，Astrella 放大器用于 2D 红外（IR）光谱。“传统的红外吸收光谱通常是通过傅立叶变换红外（FTIR）仪器获得的，”Henrich 说道。“每个峰对应不同的分子振动，但是光谱中没有信息描述振动之间的任何关系。2D IR 使用两个独立的波长（泵浦和探测）揭示这些关系，并在正交轴上对两个波长的数据制图。如果 2D IR 光谱记录的是混合数据，同种样品的一对峰也将产生非对角的‘交叉峰’。”Heinrich 补充说，2D IR 正被证明是生命科学领域一种非常有用的工具，具有研究生物分子之间的联系和相互作用的独特能力；例如，蛋白酶结合和蛋白质折叠和展开（见图 2）。

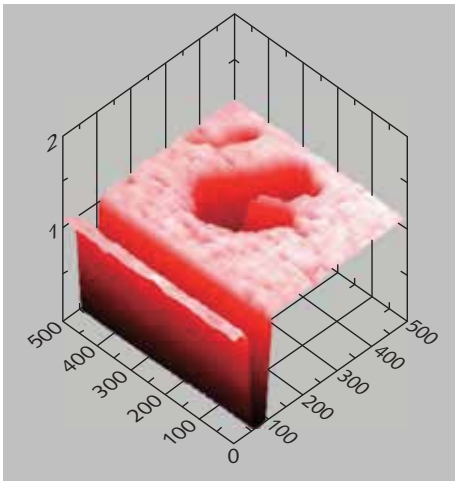


图3：铜铟镓硒（CIGS）薄膜光伏（PV）电池的电流图，图中显示了网格线、损伤点和表面变化。该图通过扫描NIST的基于超连续谱的太阳模拟器所创建，具有10 μm的分辨率，扫过光伏样品并记录所产生的电流。中心的缺陷是顶层薄膜的针尖划痕，用于演示。

CEP稳定

奥地利 Femtolasers 公司已经使得载波包络相位（CEP）稳定成为其超快振荡器和放大器的一项重要特性。该公司表示，它已经引领了第三代 CEP 技术，使得 CEP 能够在整个工作日内被锁定，而传统的第一代 CEP 技术只能将 CEP 锁定持续数十分钟的时间。该公司表示，使用所谓的“直接前馈”方式，它正在向第四代迈进，第四代将允许 CEP 被锁定在无限的时间内。阿秒科学的研究人员和其他高次谐波产生的实验者将会受益于此。

美国光谱物理公司生产全套的超快激光器，包括振荡器、放大器和单波长激光器。该公司的 InSight DS+ 系统针对科学应用，例如体内多光子显微，具有 680~1300 nm 的广泛无间隙调谐范围；该范围延伸的更长波长端允许最深的活体成像。色散预补偿确保了亚 100 fs 的脉冲，然后通过显微镜将其传递至待检查的样品。

针对工业标准设计和建造的激光器系统，也可以具有双同步光束输出，用于对不同类型的荧光团同时成像、二次和三次谐波产生成像，两路同步输出光束使得简单地对不同荧光团（例如 GFP / YFP 和 mCherry）同时成像、SHG/THG 成像，以及像相干反斯托克斯拉曼光谱（CARS）和受激拉曼散射（SRS）等先进成像技术成为可能。

光谱物理公司的单箱式 Mai Tai DeepSee 超快钛宝石激光器，对体内荧光成像也非常有用，这是一种“无需干预”的激光器，能够产生 2.4 W 的平均功率，具有 690~1040 nm 的调谐范围，并且使用超稳定的再生锁模技术。该激光器也可用于光学相干层析扫描（OCT）和非线性光谱。

瑞士 Time-Bandwidth Products 公司是瑞士联邦理工学院超快激光物理研究小组剥离出的公司，目前归隶属于美国 JDSU 公司，生产二极管泵浦钛宝石和其它固体超快激光器，采用半导体可饱和吸收镜（SESAM）技术进行被动锁模，该技术取决于不同的设置，可以产生飞秒或皮秒范围的脉冲持续时间。

Time-Bandwidth Products 公司的 Tiger 钛宝石激光器产生脉宽 150 fs、能量大于 25 nJ、重复频率从单脉冲到 4.1 MHz 的脉冲。光束 M^2 为 1.1。科学应用包括泵浦 - 探测试验、多光子显微、非线性光学实验和时间分辨光谱。

多种超快选择

但是，固体科学超快激光器并不一定必须是钛宝石。

例如，Time-Bandwidth Products 公司也制造钕玻璃（Nd:glass）激光器，发射 1058 nm 区域（可在 1053~1064 nm 间调谐）、变换极限的亚 200 fs 脉冲，平均功率为 400 mW，以及用户定义的 70~150 MHz 间的固定脉冲重复频率，这对和钛宝石科学激光器相同的一些用途而言非常有用。此外，该公司生产基于镱的超快激光器，可提供 1030~1040 nm 区域的亚 200 fs 脉冲，适合于生物成像。

对于非钛宝石超快激光器，相干公司的 Gallaher 指出，“行业中另一个有趣的趋势是，基于镱的激光器时代终于到来了，这是钛宝石激光器的首选替代品。其中一个例子是我们的 Chameleon Discovery 激光器，可以提供比钛宝石激光器宽得多的调谐能力，调谐范围 680~1300 nm，以及固定波长为 1040 nm 的次级输出，这使得该激光器成为通常需要两个独立超快波长的光遗传学显微实验的理想解决方案。”

美国 KMLabs 公司（Kapteyn-Murnane Laboratories）也正在扩充其技术，包括基于块体镱的超快激光器，尽管该公司传统上以钛宝石激光器而闻名，其中许多是针对科学的。例如，该公司的 Wyvern 再生钛宝石放大器低温冷却到 50 K，称其消除了热透镜，并将功率处理能力提升了高达两个数量级。

该公司的 XUUS（极紫外超快光源）高次谐波产生系统，使用空心波导将超快 IR 脉冲转换至极紫外（EUV）或软 X 射线区。该公司进军镱激光器并推出了 Y-Fi 激光器，这是一种高峰值功率的光纤激光器，基于啁啾光谱脉冲的干净脉冲全正常色散（ANDi）整形技术，该技术是由该公司从康奈尔大学获得授权的。

最新版本的 Wyvern-500 优化用于和 XUUS 高次谐波产生系统配对使用。Wyvern-500-HHG 提供 30 kHz、亚 45 fs、300 μJ（平均功率为 9 W）的脉冲给 XUUS 毛细管波导，该毛细管通过氩气加压，使得能够产生光子能量高达 4.3 eV 的相干 EUV 脉冲。这些 EUV 脉冲是用于研究材料中电子动力学的光电子能谱的理想选择。

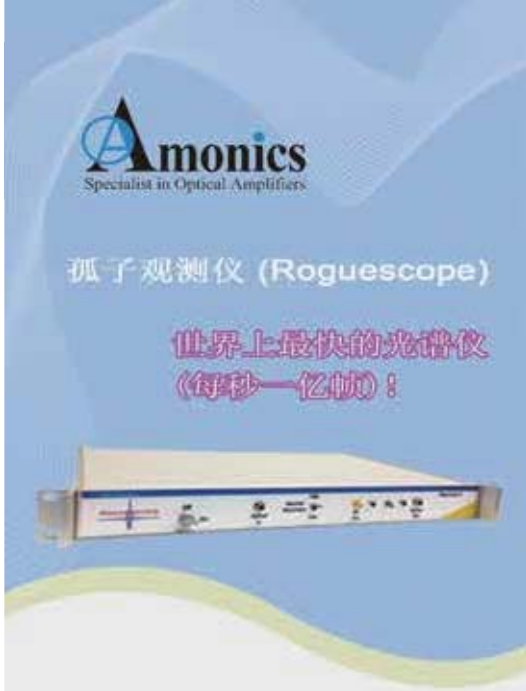
超连续谱产生

超连续谱光源结合了超快激光器（通常是光纤激光器）和光纤，可以是微结构或者光子晶体光纤（PCF），具有非常小的芯径，用于产生非线性光学效应，从而获得超连续谱，可以跨越两个以上的倍频程。

英国 Fianium 公司生产多种超连续谱激光器，光学输出功率范围从 200 mW 到 20 W。“低功率系统适合于预算有限的宽带光谱应用，而高功率系统已经成为对功率更加渴求的应用的仪器工具。”Fianium 公司技术销售 Tim Gerke 说。最近平均输出功率高达 10 W 的光源 OEM 版本的进展，提供了 400~2400 nm 全光谱范围的低成本版本，他补充道。Fianium 公司还提供 UV 或 IR 优化光谱的选择，以及用来将宽带激光器转换成高度可调谐单波长光源的可调谐滤光片阵列。

用途包括荧光成像、荧光寿命成像显微、OCT、流式细胞术、超高分辨率显微、纳米光子学表征以及宽带光谱。

Fianium 公司的 WhiteLase SC480-20 的输出功率为 20 W，是目前市场上最强大的超连续谱白光光纤激光器，Gerke 说。“这种明显更高的功率能力，正在开辟新的应用领域，例如可调谐



北京安力谱斯光电技术有限公司代理美国 Time Photonics Inc. 的孤子观测仪作为世界上最快的光谱仪，可以在单次探测内获取实时光谱信息，其帧速可高达每秒一亿帧，为目前最快光谱仪的一千倍。
孤子观测仪的实时探测能力基于美国加利福尼亚大学洛杉矶分校(UCLA)所研发的光子学时域展宽 (photonic time-stretch)技术。

应用
1. 激光瞬态现象，非重复性激光锁模，
2. 调Q、孤子现象的观测
3. 光学系统中的稀有事件的观测
4. 高速随机过程的观测
5. 复杂动力学系统的统计性研究
6. 调制不稳定性的实时观测
7. 高通量光谱分析仪与光谱稳定性观测
8. 非线性光学系统中瞬态现象的观测

硬件规格

型号：	TS-OPT-100-NIR	TS-OPT-100-IR
波长范围：	650 - 1000 nm	1000 - 1650 nm
带宽：	< 650 nm	
光谱分辨率：	< 10 pm	
帧速：	高达1亿帧 / 秒	
最小输入功率：	300 mW	
最大输入功率：	10 mW	
接口：	PC/APC	
输入光纤：	SM / PM	
输入电压：	90 to 270 VAC, 50/60 Hz	
尺寸"	425 x 44 x 305 (mm)	

如欲对孤子观测仪有更多了解，请联系我们
电话：+86 10 84783386
传真：+86 10 84783396
电邮：contact@amonics.com
网址：www.amonics.com.cn

MWCS

METALWORKING
AND CNC MACHINE
TOOL SHOW

亚洲领先金属板材加工展

2015年11月3-7日
国家会展中心(上海虹桥)

- 30,000平方米超大展出面积
- 专业观众达110,000人次
- 同期配套箱体箱柜、电力电工等应用行业展会

www.metalworkingchina.com
欢迎垂询：021-5045 6700-222/284

THE SMW MEETING
钣金制造技术峰会

同期举办国内针对金属板材加工的专业论坛
- 2015钣金加工技术峰会

上届赞助商



weibo.com/mwcs

Deutsche Messe
FIERA MILANO
东浩集团
EAST BEST GROUP

流式细胞术和近红外光谱等等。传统上这些应用被限制在单波长光源上，并且有时被限制在光源容易获得但非理想的光谱区。随着在 480~2500 nm 光谱区域内，功率超过 10 mW/nm 激光器的发展，这些应用不再局限于单一波长光源，而是能够真正可调谐的光源，并且该光谱的所有部分都变得可用。”

Gerke 指出，美国国家标准与技术研究院开发的一种太阳模拟器使用 Fianium 公司的超连续谱光源，具备生成动态辐照光谱的能力，允许前所未有的太阳能电池表征，可以模拟一天中、一年中、地理位置和天气条件下的变化（见图 3）。不像基于灯的模拟器，这种照明（具有单横向模式光束质量的明亮白斑）提供准直输出，就像太阳一样，并且也可以聚焦到微米级的光点用于显微。这种点照明功能，允许研究人员创建其开发的光伏器件的高分辨率 2D 效率图。

任意可编程的光谱以及小焦点，特别适合于测试多结聚光太阳能电池，这必须单独研究单个结以优化性能，Gerke 指出。在 NIST，聚光太阳能电池已经过 500 多种日光的照明测试。

丹麦 NKT Photonics 公司不仅生产超连续谱光源，也生产可以容易安装到位移台上、并包含公司自己一段短的色散工程非线性 PCF 的圆柱形铝设备。用户可以将 femtoWHITE 设备结合自己的超快激光器使用来产生超连续谱。该器件有两种类型：一种产生倍频程跨度白光输出，而另一种具有双峰输出，为 CARS 应用特别定制。

该公司的 SuperK Extreme 超连续谱激光器是完整的单位，也提供具有不同输出光谱的版本。Blue 系列针对需要波长小于 450 nm 的应用；White 系列跨越 460~2400 nm，针对需要高可见功率的应用；Red 系列提供近红外区最强的光，针对体内成像和 OCT。Violet SuperK Extreme 的发射覆盖 400~2400 nm。此外，紫外光谱扩展单元可以提供 270~400 nm 范围内的深紫外波长，这使如蛋白质的固有荧光激发，以及使用紫外激发荧光探针等应用成为可能。❑

上接第34页

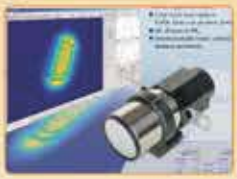
用以驱动该二极管阵列；每个电源能够驱动 40000 A。LLNL 拥有这项技术的专利。

Walker 解释说，电源调节系统是模块化的，每个二极管堆叠（一个“通道”）有一个专用的电流驱动器。“任何通道可以被（或不被）驱动，以优化价格 / 功率。”他说，“可以单独调整通道波形，以优化阵列的均匀性。每个驱动器可在 100 V 电压下提供超过千安的电流，利用 Lasertel 的阵列，驱动器已运行在高达 20 Hz 下，而在其他系统上已运行在 120 Hz 下。通过 4 m 长的电缆线，提供了 5 μs 的上升 / 下降时间。”

驱动器、直流配电和控制接口安装在共同的机箱内。嵌入式实时计算机提供控制和安全互锁功能。总系统体积约为 0.25 m^3，比具有类似峰值脉冲功率的典型脉冲系统小约 10 倍。

HAPLS 以及其他由用于 HAPLS 的技术开发而实现的高平均功率、高能量激光系统，将推动包括先进成像、粒子加速、生物物理学、化学和量子物理学在内的国际科研领域的发展。此外，这类激光器将用于国家安全应用和工业过程中，例如激光喷丸和其他应用。❑

顶尖 PINNACLE
Your Strategic Partner in Photonics

DUMA OPTRONICS LTD.
BeamOn LA
大口径光斑分析仪

■ 波长范围：350-1310nm
■ 像素数量：720X576
■ 探测器面积：S8X45mm
■ 测量对象：脉冲/连续

mikron
LuxX+系列半导体激光器

■ 波长：375nm～830nm
■ 数字调制：>250MHz
■ 模拟调制：>3MHz
■ 电子快门：>500KHz
应用：拉曼系统以及流式细胞仪，共聚焦显微镜等生命科学领域

Xiton Photonics
SLM单频调Q固体激光器

■ 波长：1064 / 532 / 355 / 213nm
■ 线宽：＜80MHz
■ 功率：8W@1064nm
应用：雷达通讯，拉曼系统等领域

关注“顶尖科仪”微信平台：
(A) 扫一扫左图二维码
(b) 在“查找微信公众帐号”中输入“顶尖科仪”，即可添加“顶尖科仪”为好友，我们将及时与您分享顶尖科仪的最新信息。

顶尖科仪部分代理厂家（以开头字母排序）
A.P.E　ATTODYNE　AVESTA
BATOP　optics INC.　DUMA OPTRONICS LTD.
EKSPLA　HAMAMATSU　laserpoint
LIGHTHOUSE PHOTONICS　First Sensor　MenloSystems
moglabs　Ocean Optics　OSTECH
mikron　SOLAR LASER SYSTEMS　TYDEX

顶尖科仪（中国）股份有限公司
Pinnacle Scientific (China) Corporation
+86-571-88225151 | sales@psci.cn | www.psci.cn
微博：http://weibo.com/pinnaclesci

高精度无摩擦柔性导轨XY压电纳米定位平台



QNP-XY 压电纳米定位平台，具有 0.15 nm 的分辨率，0.007% 的直线度和 2 nm 的重复，行程范围 100~600 μm，能满足从显微镜到光学对准等最严苛的应用需求。

QNP 压电平台由无摩擦柔性铰链导向，用有限元分析法进行优化，以实现快速闭合环路响应。这种集成式 XY 组合平台使整体高度和运动质量都达到最小，具备优异的静态和动态多轴性能。

若与 Aerotech 的 Q 系列控制器和驱动器一起使用，该平台可具有亚纳米级定位精度和定位稳定度及高定位带宽，无论是否带有电容感测器反馈都具备上述性能，并且具有众多软件选项。

该平台的主要应用包括测试与检测、工业与科研、实验室、纳米技术、显微镜、半导体、微电子、光学、光电、数据存储、精密机械、金属、生命科学、医疗器械。

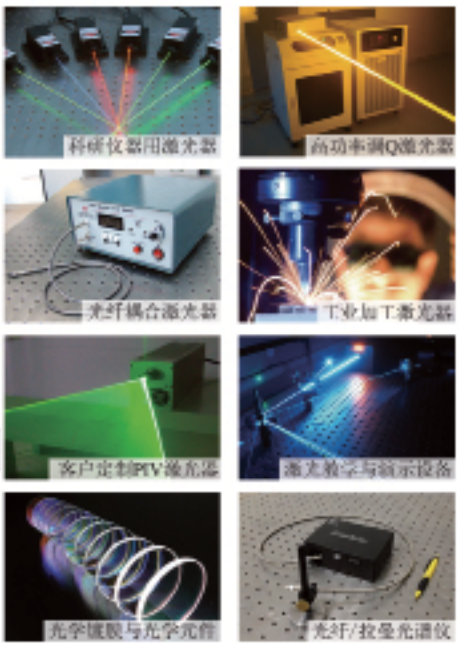
Aerotech

www.aerotech.com

功率高、寿命长、波长全、样式多

科研|工业|医疗|军用激光器专业供应商

中国科学院长春光机所——长春新产业光电技术有限公司（CNI）主要从事半导体激光器、固体激光器、激光成套设备、光谱分析仪器的研发、生产与销售。可根据客户的不同需求量身定制个性化产品；从紫外到红外近百种不同波长的激光器，波长涵盖236 nm-10.6 μm，激光器种类包括：连续输出激光器、单频/单纵模激光器、低噪声激光器、调Q脉冲激光器、光纤耦合激光器。公司产品远销120多个国家和地区，获得“中国驰名商标”称号的CNI（希愛）品牌在国内外市场赢得了高度认可和广泛赞誉。



希愛

长春新产业光电技术有限公司

电话：0431-89216068
0431-87032275
网址：www.cnilaser.com
www.cnioptics.com
邮箱：info@cnilaser.com
cnj@cnilaser.com

扫描了解更多产品信息！

TECHSPEC直角反射棱镜



TECHSPEC® 直角反射棱镜具有增强型镀铝、保护型镀银和保护型镀金三种金属镀膜，提供高反射率值，非常适用于各种需要精确校准和高性能的应用，包括系统校准。

TECHSPEC 直角反射棱镜能 90° 反射入射光，是许多光学系统中的基础元件。这款反射镜易于安装，并具有 N-BK7 基板。有 39 种不同的直径 / 镀膜组合可供选择，每个 TECHSPEC 直角反射棱镜均采用高品质金属镀膜，以提供高反射率值。

增强型镀铝膜在铝顶部具有多层电介质膜，以提高在可见光波长区域内的反射率。保护型镀金膜非常适用于近红外和红外应用，在 750~1500 nm 范围提供 96% 的反射率。镀金膜具有一氧化硅外壳，以提供更好的耐久度和易用性。保护型银制镀膜在 500~800 nm 范围具有超过 99% 的反射率，非常适用于跨越多个光谱的宽带光源。保护型镀膜可以减少银变色，非常适用于低湿度环境。

爱特蒙特光学

www.edmundoptics.cn

半导体激光器一体化驱动设备



AD4004 系列半导体激光器驱动，是 Andesec Electronics 公司针对光通信、激光光谱、生物光子等高精度半导体激光器应用开发的流控 / 温控一体化驱动。该系列驱动支持最高 5 A 的激光驱动电流及 4 A 的双向 TEC 控制电流输出。其低功率版本（400 mA）能达到 5 μA 以下的噪声电流水平和优于 0.005 ℃的温度稳定度，能胜任绝大多数高精度半导体激光器应用。同时，该驱动还支持高达 2 MHz 的调制信号叠加，适合需要对激光器进行外调制的应用。

操作方面，AD4004 系列支持本地和远程控制。本地控制采用一体化显示屏及分区控制界面，实现简单易用的操作；远程控制通过 USB2.0 接口并使用配套控制软件，可实现 PC 端控制。该设备兼容绝大多数温度传感器如 NTC、PT、AD590、LM335 等，通过主动 PID 调谐，实现高精度温度控制。

富泰科技

www.photonteck.com

单巴条 500 W 峰值功率高占空比微通道水冷叠阵



西安炬光科技股份有限公司最新的FocusEngine™水冷垂直叠阵单 bar 产品的峰值功率由原来的 300 W 拓展到了 500 W，可以在高达 10% 的 QCW 高占空比模式下工作，每个产品的厚度最薄可达 1.6 mm。该产品可以组成 2-40 Bar 的垂直叠阵，整体峰值功率更高，体积更小，输出功率密度更大。目前该单 Bar 的峰值功率是业界最高的。

炬光科技优化了该产品的散热结构设计，提高了芯片的无缺陷键合工艺技术，使产品的散热能力、热应力及性能一致性都得到显著的提高。该系列产品组装后的叠阵产品，可广泛应用于固体激光器泵浦和科研等领域，特别是可作为板条激光器的泵浦光源。使用该产品，可以使泵浦源的功率更高、功率密度更大、体积更小，使得固体激光器系统可以做得功率更大、体积更小、成本更低。

炬光科技

www.focuslight.com.cn

面向检测应用的TECHSPEC® SWIR定焦成像镜头



TECHSPEC® SWIR 定焦成像镜头紧凑轻巧，非常适合在 0.9~1.7 μm 短波红外光谱范围内运行的应用，包括检查、分拣和质量控制等应用。

专为 SWIR 波长范围专门设计、优化、镀膜和测试，以确保最高分辨率和最低畸变。TECHSPEC SWIR 定焦成像镜头同时具有对 SWIR 优化的增透膜和玻璃类型，以提供最佳图像质量。这款SWIR镜头具有0.8~1.8 μm 的增透膜，并被设计用于覆盖大的 25 mm 传感器。这款镜头具有低F / # S 以达到高吞吐量和优异的性能。

TECHSPEC SWIR 定焦成像镜头现已推出七个不同型号，增加了近一倍的产品线。符合 RoHS 标准的镜头提供 25mm，50mm 及 100mm 焦距型号与 C 接口，F 接口或 M42 × 1.0 接口的选择。所有七种 TECHSPEC SWIR 定焦成像镜头提供现货，并可立即交货。

爱特蒙特光学

www.edmundoptics.cn

用于投影仪的638 nm大功率半导体激光器

三菱电机针对投影仪光源应用推出的红光大功率半导体激光器ML562G84，可输出波长 638 nm 的红光。

主要特点：

- 通过改变激光器管芯层结构及扩大发光区域尺寸，实现了 2.5 W 脉冲驱动出光功率；
- 脉冲占空比可达 40%；
- 每个 LD 可以构成相当于约 120 流明的光源；
- 功率转换效率达 39%，有效降低功耗；
- 通过改变封装，实现了业界顶级水平的超宽工作温度范围；
- φ9.0mmTO-CAN 大型封装，散热性得到改善。

该产品将为投影仪提供高效率、高色彩再现性、长使用寿命的光源选择，同时还有助于降低投影仪的功耗，并进一步提高图像质量。

三菱电机株式会社

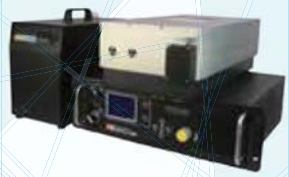
www.mitsubishielectric.co.jp

RFH LASER 瑞丰恒激光

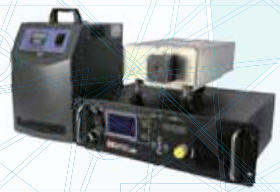
工业级紫外固体激光器系列

全新升级
新品预定中

Excellent II 355 系列产品
Expert II 355 系列产品
新品更高品质、更高性价比



Excellent II 355(8.0W-10.0W)
(Pulse Width<30ns@50k)



Expert II 355(3.0W-5.0W)
(Pulse Width<30ns@30k)



Expert II 355(0.5W-2.0W)
(Pulse Width<30ns@30k)



MBurn355(1.5W-5.0W)
(Pulse Width<6ns@40k)

深圳市瑞丰恒科技发展有限公司
地址: 深圳市南山区高新技术产业园中区M-10二楼
电话: 0755-86375012, 86028962
18928466502, 86375016
传真: 0755-86028961
邮箱: sales@rfhlasertech.com
www.rfhlasertech.com

Advertiser	广告商名称	网址	页码
A & P Instrument Co., Ltd.	科艺仪器有限公司	www.anp.com.hk	35
Aerotech Inc.		www.aerotech.com	13
Amonics Ltd.		www.amonics.com.cn	39
BWT Beijing Ltd.	北京凯普林光电科技有限公司	www.bwt-bj.com	1
Castech Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	33
Changchun New Industries Optoelectronics Tech Co., Ltd.	长春新产业光电技术有限公司	www.cnilaser.com	42
DILAS Diodelaser China Co., Ltd.	南京德商帝纳斯激光有限公司	dilas.com.cn	27
Edmund Optics Singapore Pte Ltd.		www.edmundoptics.cn/laser-optics	37
FISBA OPTIK AG		www.fisba.com	7
IXBLUE SAS		www.photonics.ixblue.com	5
Mitsubishi Electric Automation (China) Ltd.	三菱电机自动化 (中国) 有限公司	http://cn.mitsubishiElectric.com/fa/zh/	IFC
LASER World of PHOTONICS CHINA	慕尼黑上海光博会	www.photonicschina.cn	IBC
LaserFocusCon	激光聚会	www.laserfocusworld.com.cn/lfc/index.html	BC
MWCS	亚洲领先金属板材加工展	www.metalworkingchina.com	40
Nufern		www.nufern.com	9
OVC Expo	"中国光谷"国际光电子博览会暨论坛	www.ovcexpo.com.cn	22, 23
PCO AG		www.pco.de www.pco-tech.com	25
Pinnacle Scientific (China) Corporation	顶尖科仪(中国)股份有限公司	www.psci.cn	41
Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.	深圳市瑞丰恒科技发展有限公司	www.rfhlasertech.com	43
Suzhou Everbright Photonics Co., Ltd.	苏洲长光华芯光电技术有限公司	www.everbrightphotonics.com	19
Titan Electro-Optics Co., Ltd.	北京金先锋光电科技有限公司	www.teo.com.cn	2
Zolix Instruments Co., Ltd.	北京卓立汉光仪器有限公司	www.zolix.com.cn	3

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)

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

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

Publisher & VP of Sales & Marketing (社长及销售副总裁)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk

General Manager - China (中国区总经理)
Michael Tsui (徐旭升)
michaelt@actintl.com.hk

Editor-in-Chief (总编辑)
Rossie Pang (庞会荣)
rossiep@actintl.com.hk

US Offices

PennWell Corporation
98 Spit Brook Road, Nashua,
NH 03062-5737 USA

Group Publisher
Alan Bergstein
alanb@pennwell.com

Editor in Chief
Conard Holton
cholton@pennwell.com

销售人员 Sales Offices

China (中国)

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

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

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

Beijing (北京)
Oasis Guo (郭镜园)
oasisg@actintl.com.hk
Tel: 86 130 1110 8861/ 86 10 6748 4833

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

Asia (亚洲)

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

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

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

North America (北美)

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

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

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

Europe & Middle East (欧洲及中东)

Europe
Holger Gerisch
holgerg@pennwell.com
Tel: 49-8856-8020228

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

Connecting Global Competence

Messe München International

SOLUTIONS IN LIGHT



扫一扫，加微信！

四大展区：激光器与光电子　激光生产与加工技术
光学与光学制造　成像，检测和质量控制

展位预定，先到先得！ +86-21-20205500*887

2016年3月15-17日
上海新国际博览中心W2、W3、W4、W5馆

中国光学行业最佳展示平台

慕尼黑上海光博会

LASER World of PHOTONICS CHINA

www.photonicschina.cn
www.world-of-photonics-china.com

LaserFocusCon
激光聚会 2015

—— 武汉研讨会

2015年11月13日
武汉国际博览中心
洲际酒店

自从1960 年梅曼点亮了第一束激光，激光技术经历了半个多世纪的发展，已经走下了科研的神坛进入了生产生活的各个领域。中国拥有庞大的工业制造基础。市场的发展及经济环境的变化均对中国工业制造提出了新的要求：提高制造质量、提升效率、实现智能制造。激光作为一种先进的制造工具，将在工业制造发展升级的过程中扮演重要角色。本次研讨会将与2015年武汉光博会同期举办，届时业界的专家们与来自全国各地的广大业内人士共聚一堂，相互交流。

会议内容（拟定）

- 主题演讲：全球激光市场分析（由Conard Holton主讲）
- 在“互联网+”的大趋势下，激光产业将如何发展
- 工业制造加工领域的激光技术与市场分析
- 用于工业加工领域的新型激光器
- 激光宏加工技术及应用
- 超快激光微加工技术及应用
- 激光增材制造 / 激光熔覆 / 激光金属 3D列印
- 主题演讲：中国激光市场和技术



最近五年全球激光器及激光系统的市场发展迅猛，规模目前已超过90亿美元。然而，对全球光电市场有著举足轻重影响的工业制造和光纤通讯行业，仍会持续强劲增长吗？未来医疗、科技、传感器、安防市场对激光需求的发展趋势如何？政府对光电行业的资助投资将怎样激励市场发展？哪些技术会对现在和未来带来最大的冲击力？

Conard Holton先生，Laser Focus World现任主编，从事科技行业谘询、报导三十多年，曾经供职于纽约州能源研发机构、国际原子能机构。

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



主办单位

激光世界 LaserFocusWorld China 杂志社

OVC EXPO 2015

联系我们
香港 852-28386298
深圳 86-755-25988571
武汉 86-13723739991
上海 86-21-62511200
北京 86-13011108861

http://www.laserfocusworld.com.cn/lfc/index.html