



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3/4月 第2期

ISSN: 1817-6917

可见光消除分子 开关废弃物 12

- 直接输出半导体激光器实现选区淬火柔性化 18
- 用于深海应用的激光焊接管道 22
- 多光子成像进入生物科学的新领域 24

ACT

PennWell[®]





精工节能 匠心环保

**NEW
Release!**



**可靠
Reliable**

**精炼
Refined**

**革新
Revolution**

4020RX

2-Dimensional Laser Processing Systems

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

二氧化碳二维激光加工机

**可对应
4×2M工件**



扫描QR码
关注官方微博



扫描QR码
关注官方微信



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

**CIMT 北京机床展
4月20日~4月25日**

E2-104

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
技术咨询热线



**MITSUBISHI
ELECTRIC**

Changes for the Better

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





激光世界

LaserFocusWorld[®] China

内容营销方案 - 白皮书



在我们的网站上发表技术白皮书，向成千上万的工程师、设计师等读者传递贵公司的专门技术知识。通过发表白皮书可以将公司定位为思想领袖和创新先锋，并能获取高质量的销售线索。

您的白皮书会在首2个月内通过多条管道推广包括：

- 包含在双月刊印刷广告中带有公司Logo
- 包含在印刷版杂志作内容推广
- 首两个月置于《激光世界》网站首页
- 包含在《激光世界》“eFocus”电邮快讯中
- 在网站白皮书栏目永久存档
- 通过电邮获取和提供销售线索

更多的资料请联系我们的营销代表

www.laserfocusworld.cn/contacts.asp

www.laserfocusworld.com.cn





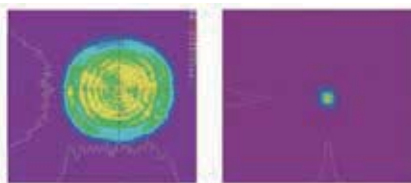
Leader in
Solid-State laser



模块化纳秒 Nd

YAG 新型激光器 — Q-smart

- 脉冲能量>850mj
- 倍频晶体自动相位匹配，快速和最大化能量输出
- 触摸屏面板操作激光器，便利安全
- 闪光灯寿命>1亿发
- 整机质保2年
- 紧凑小巧激光头及电源，输出功率与体积之比最大
- 可抗性高，对环境温度的适应能力强



More Products,
Please Find Quantel !

COMPACT PULSED
Nd:YAG lasers



TUNABLE LASERS
Pumped dye & Q-switch

CW VISIBLE
Fiber laser

DOUBLE PULSE
Nanosecond systems



北京金先锋光电科技有限公司
Titan Electro-Optics Co., Ltd.

北京市海淀区中关村大街
新中关村B座1701-1706室
电话:010 62634840

<http://www.teo.com.cn>



官方微信

目录

市场风向标

- ☞ 癌症诊断驱动相干断层成像市场增长 8
- ☞ 中红外激光器使用日趋增多引发市场变化 10

封面故事

- ☞ 可见光消除分子开关废弃物 12

光子学前沿

- ☞ 固体激光器回顾与展望：
始于红宝石激光器的漫长之路 14

应用天地

- ☞ 激光淬火 18
直接输出半导体激光器实现选区淬火柔性化
- ☞ 激光焊接 22
用于深海应用的激光焊接管道
- ☞ 多光子成像 24
多光子成像进入生物科学的新领域

技术中心

- ☞ 光纤光学组件 27
光纤光学组件受益于先进加工技术
- ☞ 光谱测量 31
超窄激光光谱线宽测量
- ☞ 光学滤波器 34
利用光学滤波器增强图像对比度

精英访谈

- ☞ 独特光纤设计实现高光束质量的光纤激光器 38
——访 Nufern 首席技术官及亚太区销售总监 Adrian Carter 博士

编者的话

6

行业动态

7

产品精英

40

广告索引

44

激光世界
LaserFocusWorld China

2015 年 3/4 月 第二期

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





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-30W
- 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

欢迎莅临凯普林光电展位
慕尼黑上海光博会

LASER & PHOTONICS CHINA

2015年3月17-19日, 上海新国际展览中心

展位号：**N2-2632**





相干激光雷达最好的选择!

Amonics 1550nm

保偏脉冲激光器



Amonics Limited

www.amonics.com

Beijing Amonics Limited

www.amonics.com.cn

电邮: contact@amonics.com

电话: +86 (10) 84783386

CONTENTS

market watch

- Cancer diagnostics to drive coherence tomography market growth 8
- Increasing adoption of mid-IR lasers leads to profound changes in the market 10

cover story

- Visible light eliminates molecular switching waste 12

photonic frontiers

- Solid State Lasers Looking back/Looking forward: A long way from the ruby laser 14

applications

- Laser hardening: Direct diode laser achieves laser hardening flexibility of special areas 18
- Laser Welding: Laser welded pipes used for deep-sea applications 22
- Multiphoton Imaging: Deep dive in multiphoton imaging 24

technologies center

- Components for Fiber Optics: Advanced manufacturing techniques benefit fiber-optic components 27
- Spectroscopy Measurement: Spectroscopy measurements of ultra-narrow laser linewidth 31
- Optical Filters: Using optical filters to enhance image contrast 34

elite interview

- Unique fiber design to achieve fiber lasers with high beam quality 38
— Interview Dr. Adrian Carter, CTO and Asia Pacific Sales Director of Nufern

editor's notes

industry updates

products highlight

ad index

激光世界
LaserFocusWorld China

Mar/Apr 2015 Issue 2

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 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.

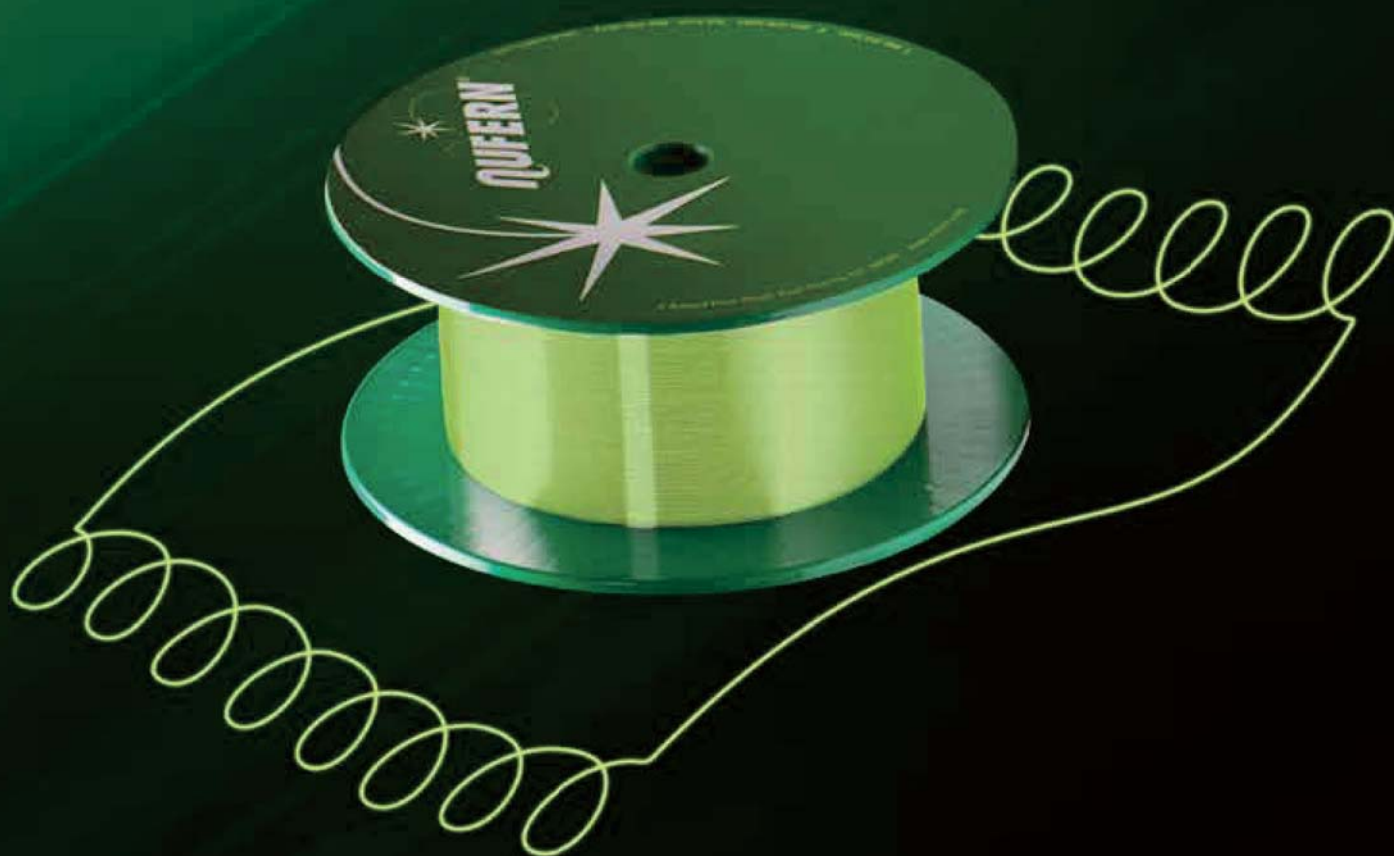
www.laserfocusworld.com.cn





Expect Magic

期待魔法的威力...



NUGEN9 下一代光纤激光器和光纤放大器光纤

- ✧ 更高的吸收
- ✧ 极致的单光纤功率承受能力
- ✧ 最低的成本，最高的系统集成产出率
- ✧ 衍射极限的光束质量

业界唯一的拥有专门设计的 **NuCOAT_{FA}** 掺氟低折射率丙烯酸酯涂层的光纤



866.466.0214 / www.nufern.com

OPTICAL FIBERS | FIBER LASERS & AMPLIFIERS | FIBER GYRO COILS | DEFENSE TECHNOLOGY



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 michaeltsui@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-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



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

► 编者寄语 Editor's Notes

2015 Lasers & Photonics 市场研讨会行业精英观点分享

2月份刚刚在美国旧金山举办的 2015 美国西部光电展 (Photonics West) 是激光与光电子行业 2015 年伊始的一次重大盛会。同期举办的 2015 激光器与光电子市场研讨会 (2015 Lasers & Photonics Marketplace Seminar)，汇聚业界精英，分享独家观点。本刊撷取部分精华与读者分享。

OSA 高级顾问 Tom Hausken 阐述了全球光电子市场情况——每年约增长 6%，预计 2015 年将达到 5000 亿美元，其中有 1000 亿美元来自光电子产品。

市场研究公司 Strategies Unlimited 的 Allen Nogee 指出，2015 年激光材料加工市场呈疲软态势，仅会比 2014 年小幅增长 5 亿美元达到 97 亿美元。随着激光器进入牙科市场，医疗激光器销售继续增长。来自发展中国家消费电子产品市场的收入将超过发达国家。75% 的打标激光器市场来自中国；欧美激光器制造商继续致力于用于高功率材料加工和科研市场的高端激光设备。

瑞士苏黎世联邦理工学院的 Ursula Keller 分享了对超快激光器领域的观点。她指出，DPSS 超快激光器需要更高的功率和更低的成本，以便满足更多新兴应用的需求。光纤啁啾脉冲放大 (CPA)、INNOSLAB 和薄碟片放大器有望满足这些需求。

北京大学龚旗煌教授指出，在中国高校毕业生中，光学专业的约占 20%，最近中国在量子信息处理、孤子、纳米光子学、纳米粒子探测、超快光与物质的相互作用以及 OAM 通信等领域的发展，显示了中国光电子领域的发展。中国的研发经费也在增加。

LasAp 公司总裁 Marianna Forrest 试图挑战激光器在汽车领域的诸多应用。如今，激光器已成为具有竞争力的制造工具，并且是很多制造环境中的唯一解决方案。未来几年，激光器将在汽车制造领域的新型碳增强纤维复合材料加工及一些微加工应用中中大显身手。

随着更多的产品制造越来越与激光联系在一起，苹果和谷歌等公司正在招募激光人才。这些公司已意识到，公司内部的激光人才才能加快激光技术在产品制造过程中的实施。

3D 打印是可谓是当前最热门的一个话题。预计到 2025 年，3D 打印行业的市场规模将达到 5500 亿美元，尽管激光器仅占其中 5% 的份额，但对于涉足该领域的激光器制造商而言却是一块巨大的蛋糕。在实现拥有更多功能（传统减材制造无法实现）、且质量更轻的部件应用中，3D 打印将继续独领风骚。□

本刊编辑部



► 行业动态 Industry Updates

高能量千赫兹亚纳秒绿光全固态激光器研制成功

由光电院和北京国科世纪激光技术有限公司联合研制的高能量千赫兹亚纳秒绿光全固态激光器，在国内首次实现了单脉冲能量 40 mJ、脉冲宽度 662.7 ps 的千赫兹亚纳秒激光输出，并通过了中国计量科学研究院的第三方测试。

该激光器由种子源、再生放大器、多级高能量功率放大器和非线性频率变化模块组成，应用了脉冲斩波技术、快速电光开关控制、高消光比隔离组件设计、高主从比脉冲输出控制、多级功率放大过程光束质量优化与控制等多项关键技术，最终实现 532 nm 激光输出，光参数积 0.43 mm*mrad，主从脉冲对比度 >500:1。该激光器将提供给中国科学院云南天文台，主要用于低轨道空间碎片的高精度测距。

IPG 公司 GLPN-500-R 获 2015 年度 Prism Awards 大奖

由国际光学工程学会 (SPIE) 颁发的 Prism 大奖 2015 年最终名单公布。IPG 光子公司的 GLPN-500-R 成为了工业类激光器获奖者。

GLPN-500-R 为一款 500 W 准连续绿光单模光纤激光器，其将光纤激光器的技术优势延伸到了高功率可见光领域，具备卓越的电光转换率和低成本，为从铜焊接到太阳能电池制造的工业生产应用提供了工业级的稳定性、卓越的光束质量和光纤传输的灵活性。

Prism 奖项为光子学创新而设立，用于鼓励突破传统理念、解决问题并通过应用光基技术、光学和光子学来改善人类生活的光子学新产品和新发明。

德国激光焊接公司 Blackbird 在上海建销售和服务中心

Scanlab 的子公司 Blackbird Robotersysteme 已经在上海设立销售和服务中心。该公司主要开发远程激光焊接解决方案。公司的发展战略、更接近现有客户等因素是其在中國创建子公司的主要激励因素。Derek Wang 作为该公司亚洲销售与技术支持副总裁，已于 2015 年 3 月 1 日开始了中国子公司的创建工作。

“在中国我们拥有很多客户，为了给这些客户提供预期的本地支持、及时解决技术难题，我们对于在亚洲成立子公司一事策划已久。此次中国子公司的建立，也将会使日本和韩国客户受益。” Blackbird 公司 CEO Wolfgang Vogl 博士说道。

JDSU 分拆后激光器公司命名为 Lumentum

JDSU 公布分拆后其光通信和激光器部门被命名为 Lumentum。

Lumentum 公司的主要业务是光通信和商用激光器。将包括 JDSU 面向电信和数据中心应用的光学器件和子系统、高功率光纤激光器、科学激光器以及 3D 传感技术。Alan Lowe 将担任 Lumentum 公司 CEO。他于 2007 年 9 月加入 JDSU，担任激光器业务部门高级副总裁。2008 年，他成为 JDSU CCOP 业务部门的总裁。宏观和微观材料加工应用将为新公司的高性能激光器带来增长机会。

相干公布 2014 Q4 财报：净收益同比增长近 50%

相干公司公布 2014 年 Q4 财务报告：截至 12 月 27 日，第四季度销售总额 2.006 亿美元，相比去年同期有所上升，但较上季度 2.053 亿美元的销售额有所下降；净收益总额 1740 万美元，同比增长近 50%，这一增长意味着 2014 下半年财年的销售收入将比上半年高出 10%。此外，本季度发布的订单总额为 1.625 亿美元，较去年一月发布的 2.015 亿美元记录下降显著。

显示器及半导体生产制造依然是相干公司最重要的市场，同时 3D 打印也正在逐渐成为公司一个新的增长领域。这一趋势主要体现在用于聚合物加工的二氧化碳激光器和紫外激光器的订单数量的增加。同时，该现象也带动了中功率激光器（500 W~1 kW）和直接二极管系统的市场需求。

GSI 激光器销售额稳固增长

GSI 集团激光事业部宣传其 2014 年销售额稳固增长，总收入比 2013 年增长 6.7%，达 1.777 亿美元。

尽管在过去的几年中 GSI 将战略重点移向医疗领域，但是激光事业部依然是其最大的收入贡献者。并且，虽然目前工业市场中的总体趋势是采用光纤激光器，然而 GSI CEO John Roush 却透露，在最近一个季度内，市场对 CO₂ 激光器的需求呈强劲之势。

“我们看到，在食品、饮料和医药加工厂中，打标的方式正在从喷墨打标向激光打标转变，因此市场对于打标和编码的 CO₂ 激光器需求强劲。” Roush 说道，“另外，我们也在用于智能手机、服装和体育用品中的有机材料加工应用领域，看到了 CO₂ 激光器的增长机会。”





► 市场风向标 Market Watch

癌症诊断驱动 相干断层成像市场增长

Lux Research

来自市场研究公司 Lux Research 的最新报告显示,在癌症诊断、心脏病和肠胃病等方面涌现出的新应用,将有望推动临床光学成像市场到 2020 年翻一番,达到 20 亿美元。目前,该市场的规模约为 10 亿美元。

分析师 Milos Todorovic 估计,光学相干断层扫描 (OCT) 的应用将会不断增长,并将会在临床光学成像市场中占据大量市场份额。

Todorovic 表示,在未来的五年中,整个临床光学成像市场的规模将翻一番,而 OCT 依然会在该市场中保持其现有的 60% 的市场份额。

“OCT 已经在眼科应用中获得了成功的应用,加之其同时向心脏病、肿瘤和肠胃病等领域的不断拓展,因此 OCT 依然有望在临床光学成像市场中占据主导地位。” Lux Research 公司表示,“其他技术,如近红外光谱 (NIRS) 和光声断层成像 (PAT) 也拥有巨大的增长潜力;而实时光学活检和手术指导等应用,从长远来看也有望达到数十亿美元的市场规模。”

“OCT 应用将推动光学成像市场的增长,” Todorovic 补充道。到目前为止, OCT 已经在眼科应用中拥有压倒性的优势,用于为视网膜、视网膜神经纤维层和视神经头成像,并能为青光眼治疗提供特殊价值。青光眼是一种很难诊断的疾病,被列为全球第

二大致盲原因。

目前, OCT 已经开创了一场不折不扣的革命,其能够提供健康眼睛的脉络膜厚度分析,以及老年性黄斑变性、中心性浆液性脉络膜视网膜病变以及糖尿病性视网膜病等疾病状态分析。

癌症诊断推动市场增长

Lux Research 公司的分析师 Nick Kurkky 表示:“我们看到,在未来的几年中,心脏病、肿瘤和胃肠应用将是 OCT 应用增长的主要领域。其中,肿瘤诊断,特别是非侵入性癌症诊断将是未来十年中增长最快的应用。”

从长远来看, Todorovic 和 Kurkky 也看到了 PAT 的巨大机会。PTA 是一种新兴的成像方式,其结合了光学和超声波技术,目前正处于临床试验评估阶段。Kurkky 认为, PAT 的最直接的应用将是肿瘤诊断。

“我们看到了 PAT 在非接触性肿瘤成像方面的应用潜力,如诊断皮

肤、乳房和其他癌症。” Kurkky 表示,“另一种潜在使用是用于循环肿瘤细胞 (CTC) 检测,这将对不同癌症的诊断和预知非常有用。”不过,这些都将取决于正在进行的试验能取得圆满成功。

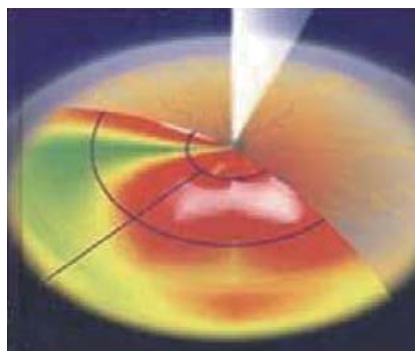
该领域内的领先公司

Lux Research 的报告中还列出了一些光学成像领域的领导厂商。在纳斯达克上市的 Mela Sciences、北卡罗莱纳州的 Bioptigen 和马萨诸塞州的 Infraredx, 均是创新的临床光学成像技术领域的领导者。并且每家公司取得了 FDA 和 CE 认证,可以在美国和欧洲推出其产品。

此外, OCT 设备的成本也有望降低。“典型的 OCT 系统通常有医疗车那么大,平均成本在 8~25 万美元之间。” Lux Research 公司估计。位于加州的 Compact Imaging 公司开发出了基于“多参考”的更小巧的 OCT 系统。

Michelson Diagnostics 和 NinePoint Medical 也是行业内具有潜力的两家公司。

MedLumics 公司致力于开发便携式 OCT 系统,但目前该技术仍然相对不成熟。“便携式 OCT 设备开发者,在其技术在 OCT 市场上产生显著影响之前,需要验证其技术的价值和可扩展性。” 分析师表示。□





II-VI INFRARED

贰陆红外激光（苏州）有限公司

贰陆官方微信关注



贰陆红外公司的产品线涵盖了各种业界领先的精密光学产品，包括：

- 用于低功率应用领域的扫描透镜，如：打标、雕刻和钻孔；
- OEM品质的CO2激光光学元件配件和喷嘴；
- MP-5®超低吸收率聚焦镜；
- 可变曲率反射镜（VRM）

慕尼黑上海光博会
2015年3月17-19日
上海新国际博览中心
展位号：N2-2432
II-VI 展台欢迎您



400-858-1126 (free toll). (86) 512-6767-1207 (fax). info@ii-vi.com.cn . www.ii-vi.com.cn





► 市场风向标 Market Watch

中红外激光器使用 日趋增多引发市场变化

John Wallace

来自市场研究公司 BCC Research 的一份最新报告显示, 预计到 2019 年, 全球中红外 (mid-IR) 激光器市场将达到 7.426 亿美元, 2014-2019 年间的复合年均增长率为 8.2%。随着很多新技术的开发, 全球中红外激光器市场正处于扩张阶段。

这种预期的增长主要源于中红外激光器公司的技术创新。这些创新 (例如在室温下操作的能力、以及尺寸和重量的削减) 已经对价格产生了直接影响, 使得市场上中红外激光器的价格开始降低。所有这些因素, 已经为很多在几年前尚不可行的应用开启了成功的大门。

目前, 全球中红外激光器市场正经历着蓬勃发展, 有越来越多的应用开始采用中红外激光产品, 涉及的行业从科研、医疗到防御领域。在过去曾经由电化学器件和半导体传感器所主导的市场中, 现在中红外激光器开始唱起了主角。这不仅在价格和供应方面引发了重大变化, 而且在市场动态、客户期望和使用方式方面也出现了很多改观。

国防依然是大部头市场

“国防和化学制品等行业是推动

北美中红外激光器市场增长的主要动力, 这些市场将在预测期内产生可观的收入。” BCC Research 公司分析师



Source: BCC Research (PHO016A), November 2014

Pawan Kumar 表示, “国防工业是并且将继续是中红外激光器产品最大的应用市场, 预计到 2019 年这部分市场的规模将达到 1.914 亿美元, 2014-2019 年间的复合年均增长率为 3.7%。科研和化学制品市场将有望表现出最快的增长速度, 预测期内的复合年均

增长率分别为 12.1% 和 9.2%。”

中红外传感器被用于探测和测量各种材料和气体的化学成分。中红外技术在探测元素方面的效率是任何其他技术无法比拟的, 并且也是一种相对具有成本效益的方法。中红外技术已经广泛应用于各个领域, 如国防和商业应用, 包括通信、物联网、医药、保健等。

在市场研究报告《中红外激光器: 技术、应用和全球市场》中, 分析师按照光源类型、应用、终端用户和地区, 对全球中红外市场进行了分析。此外也包括了主流厂商在全球中红外激光器市场的中发展策略。更多信息可登录 www.bccresearch.com, 或联系 steven.cumming@bccresearch.com。□

“激光增材制造技术中心” 成立提升中国航空发动机竞争力

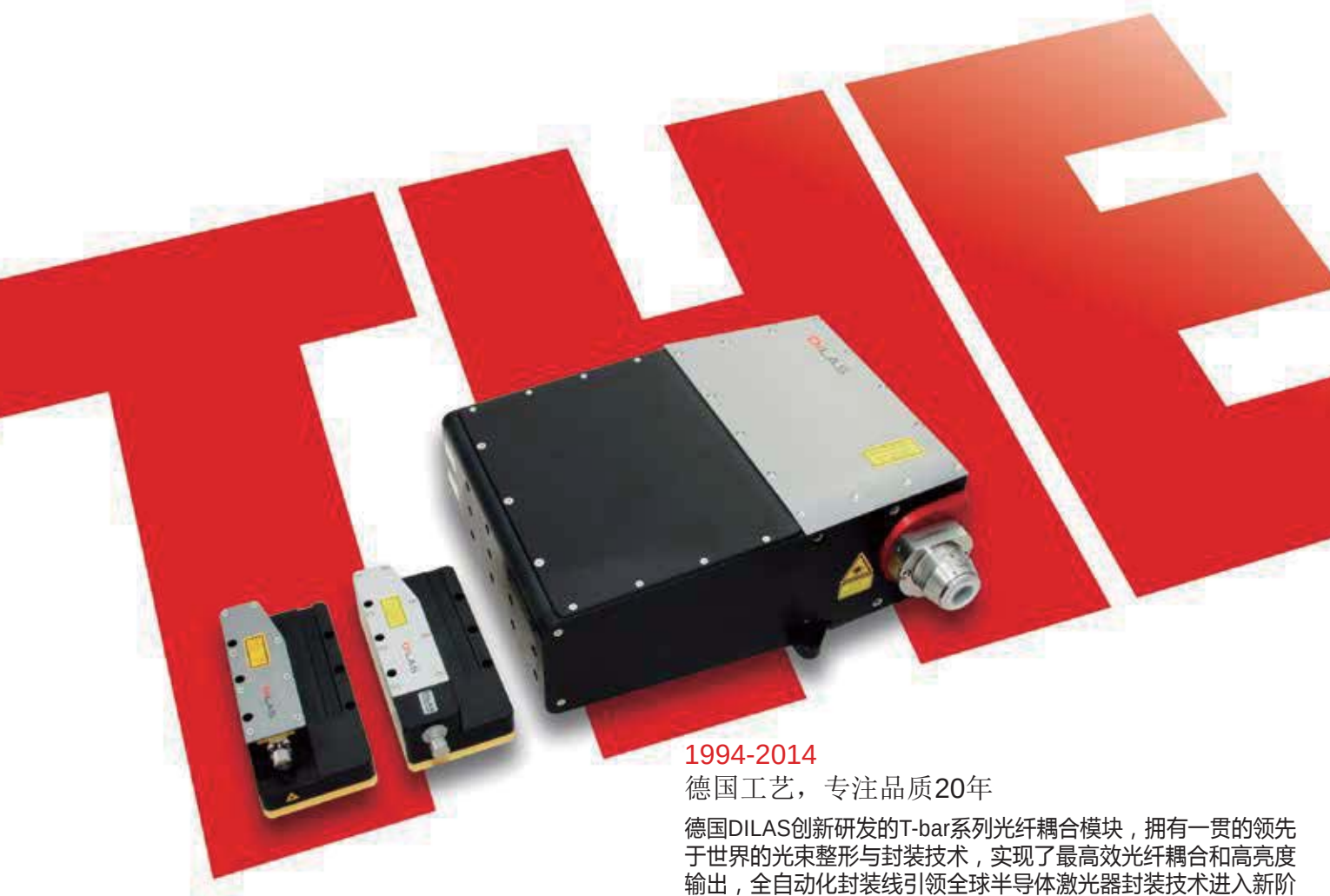
中国航天科技集团公司六院 7103 厂成立了激光增材制造技术中心。目前, 该厂与华中科技大学联合申请的“激光快速成型技术在航天发动机成型中的推广应用”已通过审批, 后续将开展各种新型号发动机普遍采用的钛合金、高温合金、高强不锈钢三种材料成型技术研究。

该中心将全力推进激光选区熔化成型技术 (SLM) 技术在航天液体发动机制造领域的应用, 带动相关复杂精密构件制造技术的升级换代, 提升我国航天发动机制造技术水平和核心竞争力。



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



1994-2014

德国工艺，专注品质20年

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。

2015年3月17日-19日在上海新国际展览中心举办的上海慕尼黑光博会，德国DILAS展位号：N3-3600，敬请光临。

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



封面故事 Cover Story

可见光消除分子开关废弃物

Gail Overton

化学激活分子开关和机器的应用从药物输送到分子致动器。不幸的是，这些分子开关需要使用消耗性试剂，而这样会产生废弃物，影响分子开关的长期功能。为了应对这一挑战，美国达特茅斯学院（Dartmouth College）的研究人员已研发出了一种使用可见光激活的光生酸分子开关，这种分子开关基本不会产生废弃物，能够运行 100 多个开关周期——这是前所未有的结果，该分子开关也适用于水性环境，因此能够应用于各种生物应用中。

为了实现无废弃物的开关，使用超紫外 LED 辐照基于吩噻的光生酸，



从而形成螺吡喃分子，并将酸释放到环境中。然后利用这种 pH 值的改变

来激活胺类开关；分子被诱导绕轴旋转 180° ，从而导致其形状和光物理性质发生改变。这个过程的再循环能力源于这样的事实：该螺吡喃分子不是热力学稳定的，因此随着时间的推移，它与从胺开关返回的质子结合再形成吩噻化合物，从而复位整个开关过程。由于这个过程足够高效，它可循环超过 100 次，而不会产生明显的疲劳。更多信息，请联系 Ivan Aprahamian, ivan.aprahamian@dartmouth.edu。□

参考文献

Luke A. Tatum et al., *J. Amer. Chem. Soc.* 136, 17438–17441 (Dec. 4, 2014).

掺铥 $2\ \mu\text{m}$ 光纤激光器
实现 200 MW 峰值功率

John Wallace

2 μm 左右的激光发射可用于人眼安全应用（遥感），以及其他目的（红外光谱、超连续谱产生和材料加工）；与几乎其他任何激光发射波长一样，使用 $2\ \mu\text{m}$ 激光器的科学家和工程师们，往往寻找更高的激光功率和 / 或脉冲能量。一个来自德国的研究团队通过研发掺铥（Tm）的光纤激光器系统，产生了峰值脉冲功率高于 200 MW、脉冲能量 12 μJ 、平均功率为 24 W 的激光，有助于满足上述需求。

该啁啾脉冲放大（CPA）系统包括一根模场直径为 $65\ \mu\text{m}$ 的掺铥光纤、高效的电介质光栅，以及基于 Tm 的光纤振荡器。该光纤振荡器工作在展宽脉冲区域，以 24 MHz 的重复频率产生 1.2 nJ 的脉冲，利用非线性偏振的变化实现稳定的锁模；属于依赖可饱和吸收镜的自启动振荡器。展宽器和压缩器被封闭在低湿度的箱体内部，以减少水吸收线的光损耗；压缩光栅具有高于 98% 的衍射效率，

以及高于 80% 的压缩效率。大节距光纤放大器采用直接水冷，并使用 790 nm 激光二极管的发射光进行反向泵浦。未来，在光路中的多个部分使用真空或者充氮环境，可以降低热致光束退化以及非线性效应；更大的模场面积将获得更高的功率。□

参考文献

Fabian Stutzki et al., *Opt. Lett.* (2015); <http://dx.doi.org/10.1364/OL.40.000009>.





Take the Ride



NUQTM
Pulsed Fiber Lasers

光束品质，决定标记品质
When Beam Quality Matters

极致性能

易于使用

最大化产能

恶劣环境下依然坚固可靠



NUFERN[®]
info@nufem.com

rofin 集团成员企业

光纤激光 & 光纤放大器 | 光纤 | 光纤陀螺线圈 | 国防科技

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





► 光子学前沿 Photonic Frontiers

固体激光器回顾与展望：

始于红宝石激光器的
漫长之路

Jeff Hecht

红宝石激光器的发明为固体激光器在激光市场开启了良好的开端，但到20世纪70年代，钕激光器成为固体激光器的主力。20世纪80年代，钛宝石激光器出现，随后是二极管泵浦激光器、光纤放大器和光纤激光器。接下来会是什么？

Theodore Maiman 选择商业化的现成组件，让红宝石成为首台商用激光器。TRG Inc. 和贝尔实验室在几周内再现了 Maiman 的设计。在不到一年的时间内，红宝石激光器就成为了产品。Raytheon 可能是第一家进入市场的，其在 1961 年 3 月召开的 Institute of Radio Engineers (IEEE 的前身) 会议上展示了第一台激光器。1961 年初，在一家名为 Quantatron 的短暂公司，Maiman 建立了激光小组，该小组成为 20 世纪 60 年代的一家主要激光制造商美国 Korad Inc. 的核心。

1961 年 3 月，Lloyd Cross 通过其朋友和亲戚集资三万美元，在安娜堡成立了 Trion Instruments 公司，随后迅速扩张。Clarke Harris 是该公司的一位早期员工，他回忆起当他作为密歇根州的物理学应届毕业生到该公司面试时，被问到“什么是激光？”。尽管如此，Trion 还是招聘了他，当 he 于 1961 年 6 月开始在该公司工作时，

有十几人的工作是制造和销售激光器。这家公司年轻的公司迅速成为该领域的重要一员；Peter Franken 利用租来的 Trion 激光器，完成了他里程碑式的光学倍频演示。

Trion 随着 1962 年被 Lear-Siegler 公司收购而凋谢，然而 Harris 就此迷上了激光器，并且将余生奉献给了激光器事业。Jim Hobart 也是如此，他从密歇根获得博士学位后便加入 Trion，接着建立了 Coherent Radiation 公司（今天的相干公司）。Cross 成为了一位著名的全息学家。

红宝石和钕的年代

1961 年，贝尔实验室展示了首台掺钕钨酸钙激光器。American Optical 公司 Eli Snitzer 的钕玻璃紧随其后，而以钕玻璃为芯、周围是低折射率包层的细长棒，则成为了首台光纤激光器。1964 年，Enitzer 通过将一卷掺杂光纤环绕在直线闪光灯上，制成了首台钕玻璃放大器。

为 Snitzer 工作的 Bill Shiner 回忆道，钕玻璃当时最大的吸引力是易于制作大棒以产生高能量脉冲。利用

图 1 中和 Snitzer 一起展示的一根类似粗棒，产生了创纪录的 5 kJ 能量，但该结果被保密多年。

1965 年 1 月《Laser Focus》（现在的《Laser Focus World》）的首个产品专栏中，红宝石是最突出的激光器。Optics Technology 公司提供一款激光器，当输入能量为 400 J 时，发射 0.5 J 的脉冲，该激光器售价为 995 美元（“不包括红宝石”）。TRG 公司提供了一款重量 30 磅的“便携式”调 Q 红宝石测距仪。在同一期上，柯达公司公布了一款新型掺钕激光玻璃，但因其很难用闪光灯泵浦而没有能赶上时代。



图1：1964年9月，Eli Snitzer与一根大型钕玻璃激光棒在American Optical公司的合影。





► 光子学前沿 Photonic Frontiers

当我在1974年加入《Laser Focus》的时候，固体激光器还没有那么突出。重磅消息是聚变领域关于KMS聚变和大型钨玻璃聚变激光器之间的争论（1974年7月）。这一期上Apollo Lasers公司发布的整版广告，推动了双脉冲红宝石激光器在全息领域的应用。大多数应用选择的固体激光器是Nd:YAG，提供脉冲和连续（CW）工作模式。

固体激光器革命

十年后，固体激光器领域开始发生了革命。早期迹象是Allied Electro-Optical Products公司的John Walling在1982年2月的《Laser Focus》上发表的文章，他描述了翠绿宝石激光器，这是第一种宽可调谐固体激光器。1982年6月，麻省理工学院林肯实验

室的Peter Moulton在国际量子电子学会议上报告说，新的钛宝石激光器具有比翠绿宝石激光器更高的量子效率、增益和带宽。1986年，他终于在发表了详细的分析^[1]；1988年，光谱物理公司

和Schwartz Electro-Optics公司推出了第一款商业化钛宝石激光器。1989年1月出版的《Laser Focus》封底刊登了光谱物理公司的广告，宣称光谱物理公司的新型CW钛宝石激光器将意味着“对染料激光器说再见”，至少对近红外波长是这样。钛宝石更宽的带宽还允许其产生更短的脉冲，推动超短激光器深入到

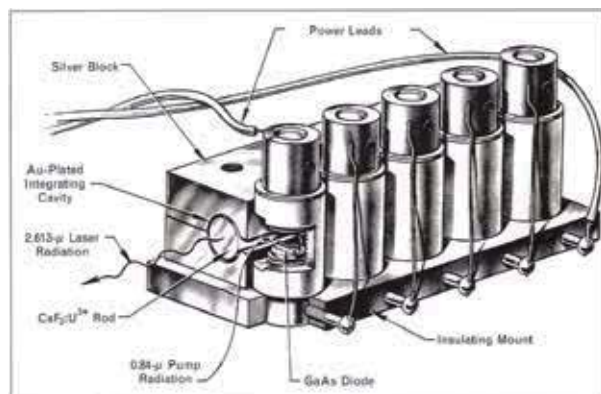


图2：1964年林肯实验室的带低温冷却二极管激光器的侧面泵浦掺铀氟化钙激光棒。

飞秒区域。

1964年，林肯实验室的Robert Keyes和Ted Quist首次展示了二极管泵浦（见图2），^[2]然而，二极管泵浦不得不再等待二十多年才能实用化。“二极管泵浦Nd:YAG激光器在1986年成为商品化产品，”《Laser Focus》1987年1月的商用激光器技

无与伦比的XY定位性能

一体的集成、低轮廓、XY、直线电机平台

防返，交叉滚柱轴承



卓越的几何性能（直线度 $\pm 0.4 \mu\text{m}$ ，平面度 $\pm 1 \mu\text{m}$ ）

多规格-9种不同行程和精度型号

Aerotech Planar_{DL}系列平台通过紧凑低轮廓的封装，可以提供卓越的几何和动态性能。高精度防返交叉滚柱轴承，精密加工表面和驱动于轴刚度中心的Aerotech直线电机保证了其

作为定位平台的超低几何误差。一系列行程和性能选项使得此款平台适合于从表面轮廓测定到LED晶片划线的各种应用。即刻联系Aerotech了解Planar_{DL}如何提升您的应用。

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

AEROTECH Dedicated to the Science of Motion

AF0214A-PRG





► 光子学前沿 Photonic Frontiers

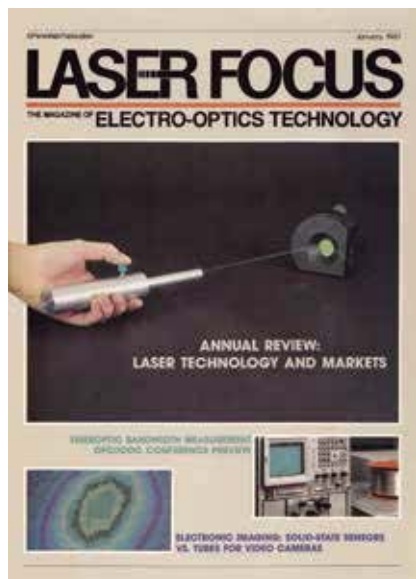


图3: 1987年1月刊《Laser Focus》的封面,展示了Amoco Research Center利用倍频实现手持式绿光固体激光器。

术综述中报道并补充说,“二极管泵浦的优点包括高效率、紧凑性和固态的可靠性。”五家公司那时已经推出了产品: A-B Lasers 公司、Laser Diode Products 公司、Lightwave Electronics 公司、Photon Control 公司和光谱物理公司。杂志的封面照片(见图3)展示的是下一步,Amoco Research Center 的倍频激光器,以实现手持式绿光固体激光器。

而此时第三次固体激光器革命正在英国南安普敦大学 David Payne 的实验室酝酿。1985 年,他找到了将稀土掺杂到单模光纤中的新方式。^[3] 研究人员最初是制作传感器,然后尝试激光器和光学放大器。在 1987 年的 Optical Fiber Communications conference (OFC) 上,他们报道了 1.55 μm 铒放大器中获得 26 dB 的增益。^[4] 像《Laser Focus World》1988 年 1 月刊中报道的一样,研究人员在 1988 年的 OFC 会议上报道了在 300 GHz 的传输测试获得了 20 dB 的增益,打开了迈向波分

复用(WDM)之门。

1989 年, BT&D Technologies 公司的半导体光放大器首先推向市场。但光纤放大器的成功归因于它们更宽的带宽、更低的噪声,以及二极管泵浦的发展。Payne 发现了 980 nm 的铒泵浦带; Snitzer 发现了 1480 nm 的第二泵浦带;^[5] 贝尔实验室的 Emmanuel Desurvire 在新的波长线上测得了 37 dB 的增益。^[6] 上个世纪 90 年代,高功率泵浦二极管的发展将可 WDM 光纤放大器推向市场,使得光纤光缆的容量倍增。这些带来了互联网/电信“泡沫”的非理性繁荣,今天全球电信网络的巨大容量,也为 Payne 带来了骑士爵位。

《Laser Focus World》1995 年 1 月刊的市场调查发现,1994 年固体激光器的销售主要由灯泵激光器主导——近 6400 台,价值高达两亿美元。然而,二极管泵浦激光器的销售量超过 1400 台,达到 2300 万美元,而钛宝石激光器的销售量为 650 台,销售额为 3100 万美元。《Laser Focus World》的商业技术成就奖花落 Uniphase 公司的紧凑型 100 mW

二极管泵浦的倍频绿光激光器,显示了激光器发展的趋势。下一年的奖项于 1996 年 1 月宣布, Lightwave Electronics 公司的单模 2 W 二极管泵浦绿光激光器成为赢家,比上一年的得主强大 20 倍。在该期的封底,光谱物理公司发布了一款 5 W 的二极管泵浦绿光激光器,采用单相 110 V 电源供电。

光纤激光器

光纤激光器的功率在泡沫狂热的背影下静静地增长。1996 年, IPG Photonics 公司与 Polaroid 公司、Spectra Diode Labs 和光谱物理公司一起,推出了 10 W 的二极管泵浦掺镱光纤激光器。2000 年 IPG 实现了 100 W,在《Laser Focus World》的 2002 年 8 月刊上, IPG 创始人 Valentin Gapontsev 介绍了进一步的发展,包括 IPG 的新型 2 kW CW 工业光纤激光器,“用于汽车行业重型金属焊接应用”。该激光器的尺寸为 1.18 m $\times$ 1.1 m $\times$ 0.6 m。

《Laser Focus World》2005 年 1 月刊报道,到 2004 年,光纤激光器已成为激光器市场的重要组成部分,



图4: 阿拉伯湾海军虎塞号上的海军LaWS系统。



销售量达到 2342 台，价值 8400 万美元。在固体激光器的销售额中，灯泵激光器占到大多数，为 6.44 亿美元，但 15000 台的销售量低于二极管泵浦激光器的近 15600 台，总价值 2.7 亿美元。同一期还报道了钛宝石的一项令人印象深刻的技术成就，产生 30 fs 的 1.4 J 脉冲，获得 $7 \times 10^{21} \text{ W/cm}^2$ 的强度。

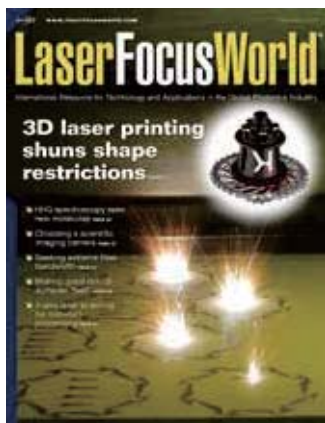


图5:《Laser Focus World》2014年2月刊封面,显示的是在粉末层激光增材制造工艺中,批量制造高性能自行车轮毂组件。

报道了 NIF 点火失败。激光符合规格，但还在继续进行实验，以理解等离子体物理方面的问题。

目前，工业光纤激光器用于一些激光武器演示中。2014 年夏在波斯湾进行的实验中，六台工业光纤激光器的输出注入到安装在海军庞塞号上的

海军 Laser Weapon System (LaWS) 的单台光束定向器中，成功引爆目标（见图 4）。

《Laser Focus World》2015 年 1 月刊的市场回顾与展望一文，报道了目前光纤激光器正在引领工业激光器的销售。在 2014 年 26.2 亿美元的工业激光器销售额中，光纤激光器占 9.6 亿美元，领先 CO₂ 激光器的 8.74 亿美元，以及固体激光器的 4.44 亿美元（包括二极管泵浦和灯泵浦）。回溯到 2004 年，光纤激光器只是远远地排在第五位，在 14.67 亿美元的总额中只占到 5600 万美元，而 CO₂ 激光器以 5.97 亿美元占据首位。

固体激光器的未来

光纤激光器也保持着输出功率的纪录，即 IPG 交付给大阪大学进行材料加工研究的 100 kW 连续激光器。“理论上来说，如果有足够的钱，客户可以通过光纤激光器达到想要的任何功率，”IPG 目前的工业激光器副总裁 Bill Shiner 说。100 kW 光束采用的是 300 μm 纤芯，所以 500 μm 纤芯可能产生 200 kW 的光束。

墙插效率持续不断提升。已经达

下转第23页

高功率固体激光器

在《Laser Focus World》2007 年 4 月刊的特稿中，笔者描述了五角大楼基于二极管泵浦板条激光器的联合高功率固体激光 (JHPSSL) 武器计划。目标是到 2008 年底，展示具备 500 秒的 100 kW 输出的电力驱动激光器，用于对付火箭、火炮和迫击炮。2009 年 3 月，诺斯洛普·格鲁门公司报道成功的消息。同一年，劳伦斯利弗莫尔国家实验室的国家点火装置 (NIF) 完工，项目总监 Ed Moses 称之为“有史以来所建造的最大最复杂的光学仪器，”以及世界上最高能量的激光。在《Laser Focus World》2009 年 11 月刊的特稿中，报道了计划将紫外脉冲能量缓慢提升到 1.8 MJ 的水平，旨在到 2012 年点火聚变等离子体。2010 年，笔者在参加 Photonics West 会议期间参观了 NIF，其规模和复杂性使笔者敬畏。笔者也很惊讶在展会上花 15 美元就能买到一只倍频绿光激光指示器。

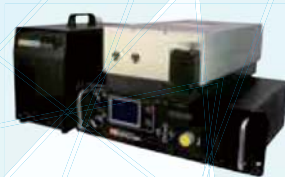
2012 年 3 月 NIF 达到 1.8 MJ，到年底已经打了 1100 发。然而，在 2013 年 2 月，《Laser Focus World》

RFH LASER
瑞丰恒激光

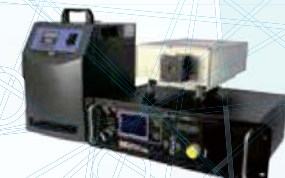
工业级紫外固体激光器系列

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)

electronica China
慕尼黑上海电子展

2015年3月17-19日
上海新国际博览中心
N3号馆3382展位

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, 18928466502, 86375016
传真: 0755-86028961
邮箱: sales@rfhlasertech.com

www.rfhlasertech.com



► 应用天地 Applications

激光淬火

直接输出半导体激光器
实现选区淬火柔性化

程宁, 顾维一, 宋涛; 炬光科技

激光淬火又称激光相变硬化, 是以高能密度的激光束照射在工件表面, 使其需要硬化部位温度瞬间急剧上升形成奥氏体, 随后经自身快速冷却, 获得极细小马氏体和其他组织的高硬化层的一种热加工技术。相对传统淬火技术, 直接输出半导体激光淬火技术在加工质量、生产效率、节能环保和经济性方面具有明显优势。在很多工业成熟的国家, 激光淬火已经成为一种零件定型的加工技术。中国是世界最大的机械加工产品生产与出口国, 能够用激光进行表面处理的领域非常多, 市场潜力巨大, 这为国内从事激光加工技术和设备研发的公司带来了新的机遇和挑战。尤其在当下, 发展绿色环保低碳的经济越来越成为世界关注的焦点, 半导体激光器将会迎来更加蓬勃的发展。

传统淬火方法的局限

传统的淬火工艺原理是将材料加热到一定温度, 在该温度下保持一段时间, 然后在某种介质的作用下给予一定的冷却速度来冷却材料, 以实现材料的微观组织结构发生改变, 从而达到材料性能改变的目的。常见的方法有火焰加热表面淬火和感应加热表面淬火, 前者采用乙炔或煤气和氧气

的混合气体燃烧产生火焰, 直接喷射到钢表面快速加热, 达到淬火温度时采用喷水或其他降温液体实施冷却; 后者利用电磁感应原理, 使零件在交变磁场中切割磁力线, 在表面产生感应电流, 以涡流形式将零件表面快速加热, 而后采用冷却介质急速冷却。

传统淬火方法的缺陷有: 工件变形量大、内应力大容易造成工件开裂, 且整体淬火后一般都要进行回火以消除应力。用高温火焰加热工件表面随后水冷的淬火方法的主要优点是对钢材的大小体积无特殊要求, 且淬火后钢表面污点较少, 不易氧化。但是由于其加热速度、淬火层厚度和均匀程度等与加热源有直接关系, 因此表面淬火后的钢材对表面温度控制性要求较高, 易于过热或受热不均, 导致钢表面的硬度不均匀, 淬火层厚度不一致, 淬火质量不稳定。而且该方

法的热影响区较大, 容易影响无需加工的区域。

接触型感应淬火的加热速度快, 淬火后在钢表面能够形成微小的针状马氏体结构, 从而加工后的零件表面具有良好的力学性能, 及较高的表面硬度抗冲击韧度。由于感应淬火工艺的加热时间短, 通常只需几秒或十几秒, 因此钢表面产生变形弯曲的几率大大降低。同时由于其具有非接触性, 该表面淬火手段易于机械化和自动化的实现, 对淬火层的厚度控制更加精准。但感应淬火过于依赖频率选择、功率选择和感应器与钢材间距等一系列精准数值, 不同的数据会产生不同厚度的淬化层, 普适性较差。高频表面加热淬火更加不适用于形状复杂的工件, 针对复杂零件加工的设备投入较大。

以上的传统淬火方式, 无论是火焰加热还是感应加热, 淬火后的零件一般还需要经过后续加工和处理, 以便获得所需求的形状、尺寸和表面质量。因此后期的削磨和加工易对淬硬后的钢材造成损伤, 导致表面淬火热处理工艺很难集成到产品生产线上。尤其对于一些大型件或者形状复杂件的整体淬火和选区精细淬火, 控制热处理变形和防止开裂的问题增加了加工风险。



图1: 炬光科技的DLigh[®] 3宽光斑直接输出半导体激光器。



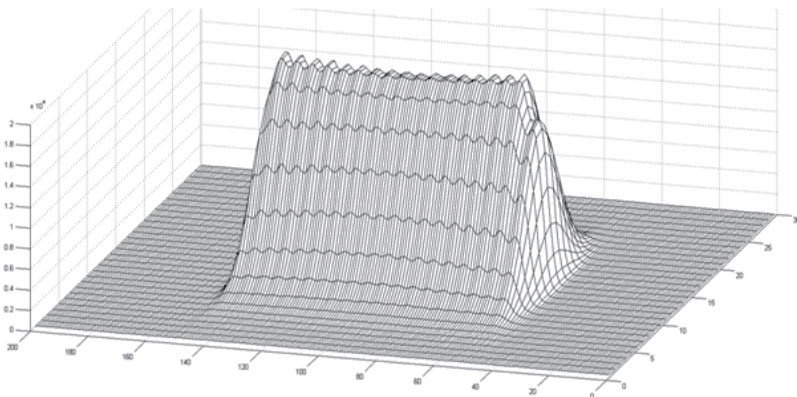


图2: DLight® 3宽光斑直接输出半导体激光器光斑强度分布。

激光淬火

激光淬火属于一种局部表面硬化技术,其通过具有足够功率密度的激光束快速加热金属表面,使其达到相变温度以上,金属材料内部则保持冷态。在停止加热后,内部金属迅速传热,使表层金属急剧冷却,从而达到淬火的目的。由于激光淬火时冷却速度高达 $106^{\circ}\text{C}/\text{s}$,远远超过常规淬火冷却速度,从而可以获得极细的马氏体组织。由于能量被精确集中到一个有限的区域内,所以部件极少发生变形。而且激光淬火依靠热量由表及里的传导方式自冷,无需其他冷却介质,能耗低,不污染环境。激光处理后其表面较光洁,一般不需要后续的修磨工序,可以作为精加工的最后一道工序。激光淬火处理的效果明显强于常规方法表面硬化处理,除了能提高零件的硬度、冲击强度、耐腐蚀性、

耐磨损性和获得较好的综合机械性能外,还会形成有益的残余压应力,提高零件的静态强度和抗疲劳强度。

目前适于激光淬火的激光器主要有 CO_2 激光器、光纤激光器和半导体激光器。半导体激光器是在材料表面硬化过程中的优点主要有以下几个方面:1) 波长较短,金属材料吸收效率高,热影响区小,加工质量好,无需增加吸光剂;2) 半导体激光器淬火后的工件表面粗糙度几乎不变;而 CO_2 激光器淬火由于不可控温、功率波动性大、光斑均匀性差等问题,将使材料表面产生熔融、烧蚀、气孔等缺陷,导致表面粗糙度增大,大大增加了工艺难度;3) 矩形光斑可进行大面积淬火,均匀度高;4) 光电转换效率高,节能;5) 系统性能稳定性高,材料加工工艺可重复性好;6) 寿命长,维护方便且费用较低;7)

运行成本相对较低,生产效率高,经济效益好;8) 体积相对较小,结构紧凑,方便现场加工;9) 可根据不同应用对加工系统

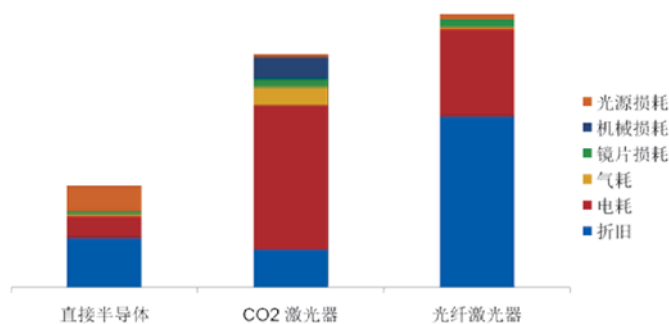


图3: 不同激光器的运营成本对比。

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



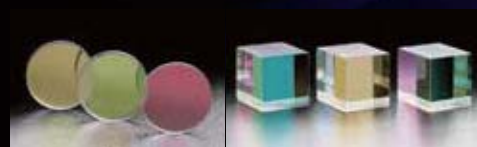
高稳定工业专用调整架



精密隔振光学平台



优质光学元件



了解更多产品, 敬请莅临公司展位:
广州工业自动化展, 3月9-11日 广交会琶洲展馆 3.2馆A18。
上海光博会, 3月17-19日 上海新国际博览中心 N1馆1532。

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



► 应用天地 Applications

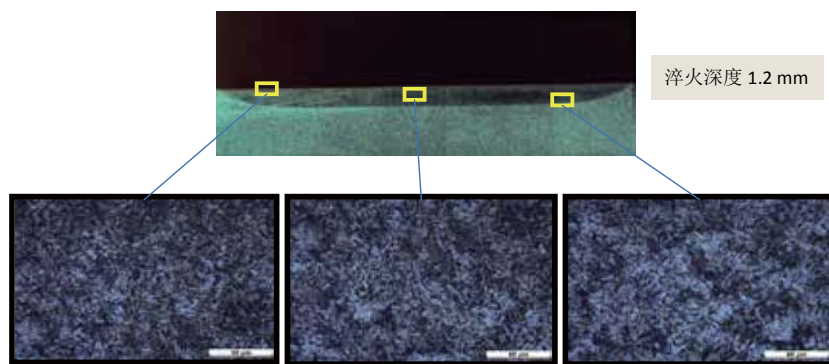


图4: 经过DLight® 3激光淬火层厚度均匀, 相变组织均匀。

进行模块化设计。

DLight® 3 系列直接输出半导体激光器, 结合工业加工现场的实际需求与工艺特点进行优化设计, 在表面淬火、熔覆、合金化以及钎焊等制造和再制造领域颇具优势。目前 DLight® 3 系列能提供 1~4 kW 的功率输出, 多种配置的光斑形状 (宽度 1.5~4 mm, 长度 4~20 mm), 实现对不同零件不同形状的淬火宽度和深度的精确控制, 可用于局部精准淬火, 也可用于大面积快速淬火。

DLight® 3系列拥有以下优势:

高输出光斑均匀性: 强度呈平顶分布且尺寸大, 避免了传统激光器高斯强度分布导致的局部能量过高而使材料破坏, 减少了大尺寸工件加工时的往复扫描次数, 减少了热应力, 提高了加工质量和加工效率。

高光电转换效率: 高功率半导体激光器的系统电光转换效率高于 50%。因电-光转换效率高、吸收率高而更加节约能源, 降低成本。相对于传统的 CO₂ 和光纤激光器, 设备投资低, 运营成本低。

直接输出半导体激光器重量轻、体积小, 冷却系统、控制系统、驱动电源集成一体, 多元化的外部连接方式, 适合多种集成方案, 更适合现场

加工需求。可以采用非永久性固定, 能对那些不可移动的巨大、复杂等重大工程设备实现现场修复, 效率高, 再制造周期短。

激光淬火在模具上的应用

模具钢是现代加工业的重要基础之一, 随着模具成形加工技术的不断发展, 对模具材料的要求也越来越高。只靠钢材本体材料化学成分的调配和组织结构的改善, 已经很难满足实际工业生产中模具钢强度、硬度、耐磨和耐腐蚀性等性能的要求。通过改变模具钢的表面状态来提高其使用寿命是一种非常有效的方法。

激光淬火可以大大提高模具工作零件的表面硬度和耐磨性。表面淬火后, 模具不变形, 同时不会破坏模具表面, 解决了长期以来大型模具使用传统热处理方法成本高、易失效的问题。激光淬火技术使得低档模具钢或铸铁替代高档模具钢, 国产模具钢替代进口模具钢成为可能。

以 45# 模具钢为例, 作为模具需要正火后整体淬火后再高温回火, 硬度 HRC50~55。采用激光淬火, 可以减少模具的热应力, 避免开裂, 减少变形并控制热变形为最小, 在模具的表面得到一层淬硬层, 这样可以提高模具的耐疲劳性能。模具激光淬火相

比于传统的淬火方式, 奥氏体形核数量剧增, 在激光加热模具时, 奥氏体化的晶粒来不及长大, 激光束已经移开, 晶粒在急冷至 Ms (马氏体相转变温度) 后, 固态相变容易获得细小的马氏体组织, 形成淬硬层。采用炬光 DLight® 3 宽光斑直接输出半导体激光器, 得到了硬度高 (HRC55~63)、深度深 (1.2 mm) 且表面硬度均匀的淬硬层, 如图 4 所示。

从宏观形貌上看, 经过激光淬火处理后, 模具表面光洁度几乎没有变化。从其显微组织可以看出, 淬火后的组织发生了变化, 基体、过渡区、硬化层三层清晰可见。除过渡区外, 其他区域晶粒大小分布都比较均匀。强化层分为表层和次表层, 在这两层之间没有明显的温度界限。表层受温度场影响, 奥氏体在表层形核最为容易, 形核数目最多, 在表层形成了均匀的针状马氏体加残余奥氏体, 但冷却速度最慢。碳原子扩散及奥氏体长大时间都比次表层要长, 所以最后形成的马氏体晶粒相对次表层略显粗大。但要比基体和热影响区细小得多。在过渡区内, 加热和冷却速度都比较快, 在靠近强化层的部分, 可达到奥氏体化温度, 晶粒产生一定程度的细化。靠近基体部分, 由于离加热源过远, 达不到奥氏体化温度。即使冷却速度最快, 晶粒大小也难以变化。

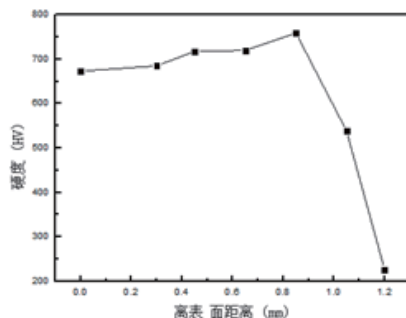


图5: 经过DLight® 3系列激光淬火后的剖面垂直硬度分布。



应用天地 Applications

从硬度曲线上看,次表层的硬度比表层硬度大,且从次表层至基体层的硬度有减小趋势。在表面 0.05 mm 的硬度为 673HV0.3,这是由于表层相变产生的马氏体比较粗大,这是淬火层中的过热区。在过热区下,距离表面 0.1~0.9 mm 的硬度分布为 680~760HV0.3,该区域相变均匀,结合金相组织形貌和硬度值分布,判断为细小针状马氏体、板条马氏体和少量的奥氏体残余。在过渡区,马氏体分布不均匀,且夹杂有铁素体组成,硬度为 538 HV0.3。基体的硬度值 226 HV0.3,没有发生组织变化。



图6: 齿轮直接输出半导体激光淬火。

齿顶为非工作面,并可以防止啮合时发生冲击断齿,同时齿根也得到淬火。这种硬化层分布可以显著提高齿根的弯曲疲劳强度和齿面的接触疲劳强度,大大地延长齿轮的使用寿命。

小结

利用直接输出半导体激光淬火可以得到优于其他淬火工艺的性能,通过提高光源质量,不断提高其经济性,其应用领域也会越来越广。可以预见,直接输出半导体激光淬火技术将在实际生产场合越发受到重视,成为重要的表面加工技术。

随着激光技术的不断发展,它将与 CAM、自动控制以及机器人等制造技术相结合,大大提高加工质量、精度和效率,节约材料和能源,不仅适用于大规模生产,也适用于单件和小批量生产,成为柔性制造的有力工具,有望将加工业带向一个全新的方向。□

激光淬火在齿轮上的应用

齿轮是传动系统中常见的传动零件,起着传递动力及改变运动速度和方向的作用。由于齿轮在使用过程中,极易产生疲劳、胶合、断齿等失效现象,因此为了有效地提高齿轮的承载能力,延长其使用寿命,通常需对齿轮表面强化处理。

传统的高频和火焰淬火齿根容易应力集中,使用中容易断齿,高频的线圈不可能做到完全与齿形吻合,容易造成齿面硬度分布不均匀。渗氮渗碳工艺长时间高温加热齿轮,内部组织有长大趋势,容易使齿面产生较大的变形,不易获得沿轮廓均匀分布的硬化层,而且处理周期长,能耗大。对于大型齿轮传动件,传统方法需要定制设备,投资巨大。

激光表面强化是一种新型齿轮表面强化技术,具有弥散强化、畸变强化、无氧化脱碳、独特的抗疲劳机理和等强工作层等强化机制,使得齿轮既有高硬度又有高强度,大大提高疲劳性能和耐磨性能,而且没有粗晶、分层、齿根应力集中等工艺隐患,避免偶然失效。

减小齿面的变形、缩短加工周期一直是齿轮齿面硬化的关键技术难题之一。而激光热处理变形小、周期短、无污染,为解决齿面淬火变形提供了有效的途径。激光淬火工艺简单,加工速度快,淬硬层深度均匀、硬度稳定,在齿轮传动啮合过程中的耐磨性强,其整体综合性能良好。

齿轮激光热处理后,其硬化层组织由三层组成:第一层为淬硬层,全部为马氏体组织;第二层为过渡区,其组织为马氏体和回火索氏体的混合组织;第三层为基体,为回火索氏体组织。硬化层形状均匀。齿顶无须淬硬,因为

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(希爱)品牌在国内外市场赢得了高度认可和广泛赞誉。


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.enioptics.com
邮箱: info@cnilaser.com
cni@cnilaser.com



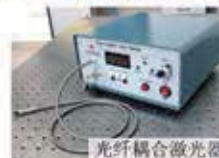
扫描了解更多产品信息!



科研仪器用激光器



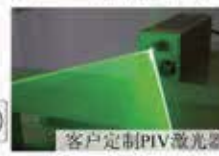
高功率调Q激光器



光纤耦合激光器



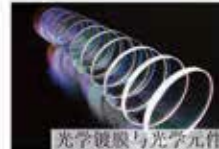
工业加工激光器



客户定制PIV激光器



激光教学与演示设备



光学镀膜与光学元件



光纤/拉曼光谱仪



► 应用天地 Applications

激光焊接

用于深海应用的
激光焊接管道

ROFIN供稿

位于法国心脏地带 VenareyLes Laumes 的生产工厂内，Vallourec mbilicalsh 公司演示了如何使用激光焊接生产具有较高机械特性的管道，以减少壁厚。使用 ROFIN 公司提供的 ROFIN DC 080 型 8 W CO₂ 激光器和 PWS 管型材焊接系统，这家工厂每分钟约能生产出 10 米长的激光焊接管道。

管道不仅为了美观

Vallourec 是世界领先的制造高品质金属管道的生产商，其产品主要用于石油和天然气行业。仅仅几年的时间，他们已经在石油行业开发出了一个新的分支，即一个被称为“海底脐带”的专门应用领域，如水底管道，

也就是供给线、线缆或光纤等各类介质的通道。海底脐带是水下装置的一个重要组成部分，可以输送流体、供给电力，或作为海上平台与它们的控制站之间的信息传输通道。管道被部署在水深几千米处，要求这些供应管道必须非常耐用，但是人们却对其实制工艺知之甚少。2011 年，该集团成立了子公司 Vallourec Umbilicals，专门负责生产能够穿行于脐带内部的特殊管道。

由于它们必须满足极高的要求，通过脐带的管道通常是无缝生产的。其制造成本包括 50% 的材料成本和 50% 的生产成本。采用激光焊接技术，材料以及生产成本都得到了下降，同时技术性能也得到了提高。

选择正确的焊接材料至关重要

第一个挑战是正确选择材料。这种被铺设在海水中的管道材料必须具有极高的耐腐蚀性。防锈双相钢，如有着等份奥氏体和铁素体的不锈钢，耐腐蚀性和强度都很高。其特殊的合金组合物（25% 铬、7% 镍、4%~5% 钼和 0.3% 氮气），即所谓的超级双相钢，具有适应近海环境腐蚀介质的最佳特性。焊接加工中需要特别注意飞

溅与气孔的问题，以确保管道的焊接质量。

从卷料到成品

这些特殊不锈钢管的极高要求也反映在生产线的复杂性上。Vallourec Umbilicals 的研发负责人 Guy Durand 详细解说了每一个生产步骤，他们的研发团队在这个项目里付出了极大的精力。



在第一个生产步骤中，连续加工中的材料直接来自卷料，各个独立的卷料由 WIG 焊接结合在一起。通过刮削工序的边缘准备后，不锈钢带料经过辊轧成型，到达激光焊接区域。为了达到所需的焊接质量，后续焊接加工时激光束需要被准确定位在焊缝中间。ROFIN 激光焊接系统，包括一个 8 kW 的 CO₂ 激光器及 PWS 管型材焊接系统，还有一个





用于检测焊缝位置的传感器,即所谓的焊接传感器。得益于焊接传感器,即使是焊缝位置和焊接位置之间出现很微小的偏差,都可以被检测并校正,从而在任何时候都能保持激光束的精确定位,由此实现最高水平的加工可靠性。

焊接后,在线焊缝热处理工艺保证了均匀的微观结构。最终的抛光加工完成后,肉眼将不会观测到焊缝。

整个生产过程,从卷料到成品管,都由 Vallourec 全程控制,包括各种非破坏性的检测方法和专门的在线智能质量过程传感系统。如有任何

质量缺陷,相关的区域将被标记,而后被切除并用环缝轨道焊接重新接合成连续管道。能够承受高达 2000 巴(2,000,000hPa)的压力测试,才能满足质量控制要求。成品管的直径范围为 16~40 mm,壁厚 1~3 mm。

小结

由于要为海底脐带供应管道,Vallourec 集团不仅扩大了其产品线,还为这种特殊类型的管道开发出一种创新的制造工艺。激光焊接已被证明是制造超高耐腐蚀性和高机械强度的连续焊接管道的理想方法。□

上接第17页

到了 45%,Shiner 期望所有的光纤激光器都将达到那样的水平。高功率和高效率结合将带来新的应用。“没有单模光纤激光器就无法实现金属三维制造,”他说(见图 5)。

“光纤激光器是非凡的平台,”前利弗莫尔激光器研究人员、目前的激光器研发顾问 Bill Krupke 说。光纤激光器是如此高效,可以泵浦非线性光学系统或新型固体红外光源。“人们正开始要求千瓦级绿光激光,”他说。在短于 400 nm 的波长,他补充道,“接下来将成为主宰的是新型泵浦光源的出现。”

Krupke 也着迷于纳米激光器的潜力,而它仍处于早期阶段。他提到“核-壳”球形装置,内部光发射体激发稀土掺杂的薄膜壳。这样的装置可能激活单个神经元,或将光精确传输到细胞用于传感。

我们无疑会见证更多的进步,并带给我们新一代固体激光器的惊喜。□

参考文献

1. P. F. Moulton, "Spectroscopic and laser

characteristics of $\text{Ti:Al}_2\text{O}_3$," J. Opt. Soc. Am. B 3, 1, 125 (1986).

2. R. J. Keyes and T. M. Quist, "Injection luminescent pumping of $\text{CaF}_2:\text{U}^{3+}$ with GaAs diode lasers," Appl. Phys. Lett. 4, 3, 50 (1964).
3. S. B. Poole, D. N. Payne, and M. E. Fermann, "Fabrication of low-loss optical fibres containing rare-earth ions," Electron. Lett. 21, 737 (1985).
4. R. J. Mears et al., "High-gain rare-earth doped fiber amplifier at 1.54 μm ," paper W12 in Optical Fiber Communication, 1987 OSA Technical Digest Series, paper W12.
5. E. Snitzer et al., "Erbium fiber laser amplifier at 1.55 μm with pump at 1.49 μm and Yb sensitized Er oscillator," in Optical Fiber Communication, Vol. 1 of 1988 OSA Technical Digest Series, paper PD2.
6. E. Desurvire et al., "Efficient erbium-doped fiber amplifiers at a 1.53- μm wavelength with a high output saturation power," Opt. Lett. 14, 1266 (1989).

德龙激光
DelphiLaser



3W紫外激光器

第一台

特惠价¥6万*
(含17%增值税)

* 1. 德龙激光十周年庆,感恩行业分享红利,所有新老客户在2015年都可按此价格购买一台3W紫外激光器。

2. 受买人必须为中国大陆注册公司,且有实际从事激光相关经营业务,不包括个人、非业内客户及海外客户。

3. 更多优惠策略及条款请咨询相关业务人员,以实际买卖合同为准,最终解释权归德龙激光所有。

2005-2015
砥砺前行 龙腾盛世

苏州德龙激光股份有限公司
Suzhou Delphi Laser Co., Ltd

地址:苏州工业园区阳澄湖大道77号 邮编:215122
电话:0512-87279109 邮箱:contact@delphilaser.com
网址:www.delphilaser.com



► 应用天地 Applications

多光子成像

多光子成像 进入生物科学的新领域

Julien Klein, Philip G. Smith; Spectra-Physics公司

在过去的十年中，多光子激发荧光（MPEF）已经成为了生物科学领域的一种主要成像技术。MPEF能够对组织实现快速 3D 活体成像，在某些情况下甚至可对整个有机体成像。该技术依赖在红光和近红外（NIR）波段产生的高峰值功率飞秒脉冲，通过限制样品的光毒性、加热和损伤等问题，允许在长周期内进行深度渗透（>1 mm）和持久的连续成像。

用于活体生物成像的尖端超快激光器

新的超快激光技术已经用于创建‘可覆盖活体组织整个相对透明的窗口（700~1300 nm）’的激光源。光谱调谐是完全自动且无缝的，允许在几秒钟内访问任何波长。最新的激光器具有色散预补偿功能，以应对到达样品的激光光路中透射光学元件的色散效应（即物镜、调制器和衰减器、合束器、某些情况下还包括感兴趣的生物样品本身）。尖端光源通常包括不同波长的多个光束，能够同时激发各种形态，例如天然存在于组织中的内源性元素（如 NADPH、黄素、弹性蛋白和脂褐质）的自体荧光，以及

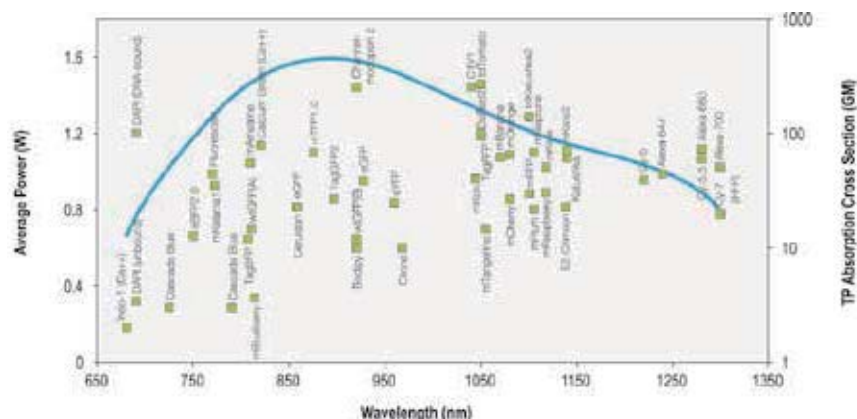


图1：常用双光子荧光探针的非详尽列表，以绿色方块显示，所示为峰值双光子（TP）激发波长（横轴）与TP吸收截面（右侧纵轴）的函数关系。InSight DS+的平均功率调谐曲线在图中以蓝色表示，以供参考^[2-4]。

最常用的荧光团（如 GFP、YFP 和 mCherry）。

无标记的成像方式也已成为生物学家成像工具箱中的重要要素。二次和三次谐波产生（SHG 和 THG）成像利用结构蛋白（如胶原）的对称性（对于 SHG 而言），以及细胞膜的界面（对于 THG 而言）。这些结构可以产生对 NIR 非线性激发响应的相干光。

此外，相干反斯托克斯拉曼散射（CARS）以及受激拉曼散射（SRS），是充分利用最先进的超快激光源的无标记技术。这种形式可以呈现内源性分子，例如脂类。高光谱和宽带 CARS 等技术改进，正将拉曼成像中

超快激光器的应用拓展到重要的指纹领域，能够实现选择性的识别，以及对具有特定拉曼特征的化学结构进行成像^[1]。

进一步超越钛宝石技术

传统上，大约涵盖透过窗口（通常为 700~1000 nm）的一半短波长的钛宝石激光器系统，一直是 MPEF 行业的标准。为了拓展钛宝石技术的光谱范围，一些科学家采用了钛宝石基频波长泵浦的光参量振荡器（OPO）。钛宝石泵浦 OPO 的光学装置通常受到大尺寸，以及“2 box”方案本身固有的潜在不稳定性的制约。此外，由



应用天地 Applications

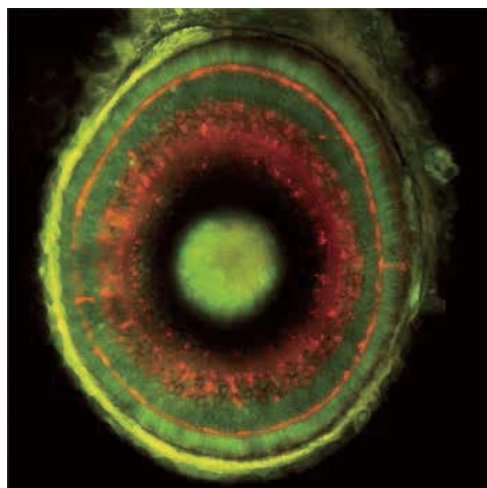


图2: 英国剑桥大学生理发育神经系Harris Lab的Xana Almeida博士提供的转基因斑马鱼胚胎视网膜图像。

于已经达到钛宝石增益的边缘区域, 这种方案在重要的 $1\sim 1.1\ \mu\text{m}$ 光谱区域, 仅能提供有限的峰值功率, OPO 输出功率较低。

InSight DS+ 平台为钛宝石及其

OPO 扩展提供了具有吸引力的替代方案。这是真正的整体解决方案, 这项新技术在整个透过窗口, 包括 MPEF 领域广泛使用的重要波长 (用于 eGFP 的 $920\sim 930\ \text{nm}$ 波段、用于 EYFP 的 $960\ \text{nm}$ 波长), 提供一致的高峰值功率。它也是在 $1\sim 1.3\ \mu\text{m}$ 的重要光谱区域内的最佳可调谐激发源, 如图 1 所示。该区域是日益流行的红移型荧光蛋白 (RFP) (如 mCherry、tdTomato、DsRed 和 E2-Crimson) 激发、以及 SHG/THG 成像的理想选择。

生物科学中无处不在的多光子成像

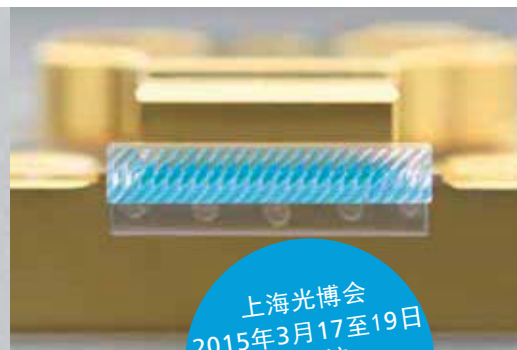
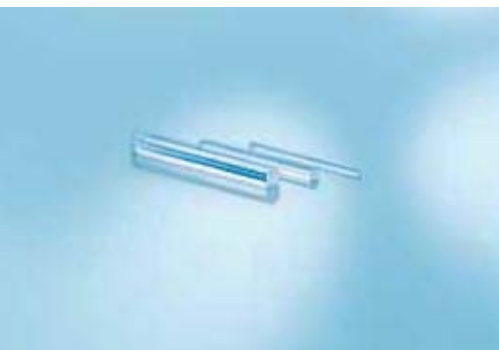
如今, MPEF 成像在生物科学的许多领域发挥着重要作用。例如, 科

学家将该技术应用于免疫学, 研究移植和移植排斥反应, 以及在小动物 (例如小鼠) 体内的炎症反应。在癌症研究中, MPEF 成像可用于区分健康组织与肿瘤组织, 或通过淋巴系统跟踪癌细胞的扩散。

在光遗传学的重要领域, 超快激光器的使用越来越广泛, 使得有针对性的光激活、以及使小动物大脑中的单个神经元和神经元群的沉默成为可能。研究小组正开始探索新的光激活光敏感通道 (ChR), 以及遗传编码钙和电压指示器 (例如 RCaMP), 针对 NIR 双光子激发进行优化^[5]。

除了生物学, 基于超快激光的 CARS 成像还用于探测和测量特定化合物的分布 (例如地质样品中的天然气)^[6]。

MPEF 成像技术通常适用于小的



上海光博会
2015年3月17至19日
瑞士馆
第三展厅
第3660号展位

FISBA — 全球市场领先者

激光二极管应用光学元件

快轴准直透镜 (FAC)

卓越的性能和紧凑的设计让
高功率激光二极管准直更高效

慢轴准直透镜 (SAC)

专门针对单管镀膜设计
可以获得接近衍射极限的准直效果

FISBA Beam Twister (FBT) 透镜

高耦合效率, 更长使用寿命



FISBA OPTIK AG公司
CH-9016 圣加仑

电话 +41 (0)71 282 31 31
传真 +41 (0)71 282 31 30

www.fisba.com
info@fisba.com





► 应用天地 Applications

生物体，如斑马鱼、线虫、果蝇，以及在胚胎或成年阶段的小海洋生物。与较大的动物相比，这些生物体相对简单，并且在某些情况下是光学透明的，因此经常被用作简化模型来解答各种解剖和生理问题。大脑、视网膜、视神经、消化系统、血管及淋巴系统的表征是人们特别感兴趣的。

利用双波长MPEF对斑马鱼视网膜进行成像

英国剑桥大学的 Xana Almeida 博士对转基因斑马鱼视网膜进行长期成像。视网膜由五种神经元细胞类型（感光细胞、水平细胞、双极细胞、无长突细胞和视网膜神经节细胞）组成，它负责处理和发送视觉信号到大脑。在眼球内，这些神经元高度组织成分开的层，可以通过同时进行的双波长 MPEF 成像来区分。

在图 2 中，绿色信号是通过设置在 927nm 的 InSight DS + 平台可调谐光束激发而获得的，是由 β -肌动蛋白启动子驱动的 H2B-GFP 融合蛋白的表达结果，图中标记了所有的细胞核。

红色信号是通过 1041 nm 固定波长的双光束获得的，是无长突细胞和水平细胞这两种视网膜细胞类型中 Ptf1- α 启动子 dsRed 表达的结果。

利用激光器系统两路激发光束的优势，可以同时获得这两种信号。

观察活体海洋生物胚胎发育

法国 CNRS 的 Nadine Peyrieras 博士和她的团队研究了小生物，如斑马鱼、海胆和星鲨的胚胎发育。图 3

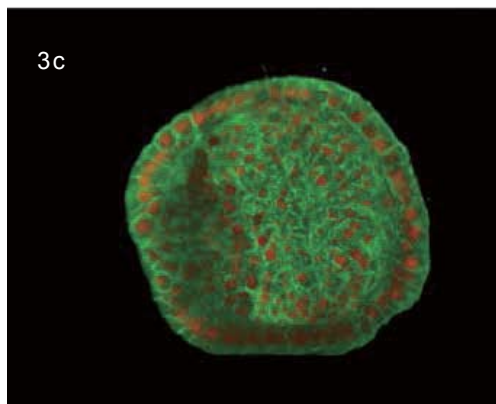
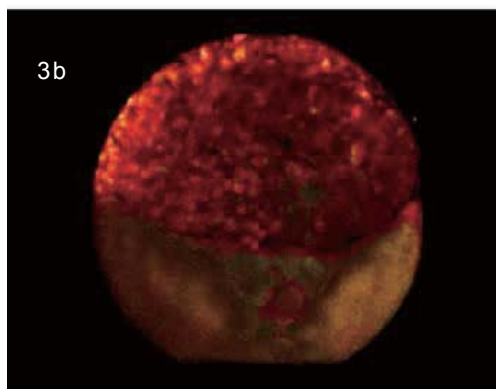
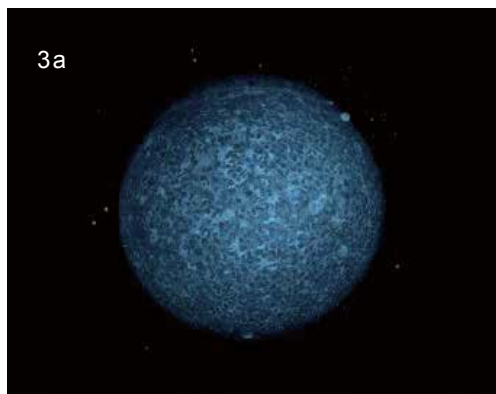


图3: 法国CNRS的Nadine Peyrieras博士提供的斑马鱼 (a和b) 和海胆 (c) 的图像。

所示为使用各种方式（各种荧光团的 THG 和 MPEF 成像）进行胚胎研究的三个具体例子。

图 3a 所示为设置在 1140 nm 的可调谐光束对斑马鱼胚胎（受精 6 小时后）获得的无标记 THG 成像。在这种情况下，THG 从细胞膜内提供了内源信号。

在图 3b 中，类似的斑马鱼胚胎（受精 6 小时后）标记了 H2B-Venus 以进行细胞检测和跟踪，而 E2-Crimson 这一远红光蛋白需要 1100 nm 以上的激发波长。这两种蛋白均是通过波长设置在 1150 nm 的可调谐光束来进行成像的。

在图 3c 中，Sphaerechinus Granularis（紫海胆）胚胎通过 H2B-mCherry（红色）和 EGFP-RAS（绿色）进行标记，分别揭示细胞核和细胞膜。这两种蛋白均是通过波长设置在 980 nm 的可调谐光束来进行成像的。

结论

下一代超快激光器，例如专门针对多光子成像领域开发的超快激光器，使得生物科学及其他领域的新应用成为可能。尤其是免疫学、胚胎发育、癌症研究和神经科学的活体研究均受益于新型激光器全面、灵活的光谱范围、高峰值功率和可靠的操作性。□

参考文献

1. D. Fu et al.: J. Phys. Chem. B 117, 4634 (2012)
2. M. Drobizhev et al.: Nature Methods, 8, 5, 393 (2011)
3. A. Diaspro et al.: Biomedical Engineering OnLine 2006 5:36 (2006)
4. J. Rickgauer et al.: PNAS, 106, 35, 15025 (2009)
5. J. Akerboom et al.: Frontiers in Molecular Neuroscience, 6, (2013)
6. C. Buruss et al.: Geology, Vol. 40, No. 12, page 1063 (2012)





光纤光学组件

光纤光学组件 受益于先进加工技术

Brad Hendrix, Mike Harju; AFL公司

光纤透镜技术、端帽技术、拉锥、多芯光纤分支器、光纤合束器、模场适配器，以及外套管等均受益于多功能的新型光纤加工技术。

光纤加工技术的持续进步，以及特种光纤领域的新兴研究，促进了新一代光纤光学组件的诞生。随着超高精度玻璃加工平台的出现，光纤组件领域已经从局限于独立的学术实验室，转向使用具有特定或通用功能的商用机器。

如今，可以使用特定任务的机器来达到形成球透镜的独特目的，或者采用二氧化碳（CO₂）激光器烧蚀光纤来形成锥透镜（具有圆锥形状的透镜）。此外，业界已经开发出了能够完成多种任务的通用机器，例如熔接相似和不相似的光纤、形成透镜、拉锥、制造光纤合束器，以及加工尚未向大众披露的组件。

应当指出，如果没有这些新设备的发展，大规模生产这些组件仍将面临许多挑战。虽然该领域涉及很多组件，但本文仅限于讨论以下光纤组件技术：光纤透镜技术、端帽技术、拉锥、多芯光纤分支器、光纤合束器、模场适配器和外套管。

透镜技术

今天的技术已经能够将光纤加工成多种透镜形状。例如，锥透镜用于在芯片水平上提升将激光器和 LED 的输出耦合进光纤的效率；而球透镜则用于医疗领域，用于探测癌症和消除肾结石。

锥透镜通常通过特殊抛光工艺对光纤头进行抛光，或者利用 CO₂ 激光器去除光纤端的包层材料形成圆锥状（见图 1）。加工改变光纤端部的性质、暴露出纤芯，使其由

空气而不是包层材料所包围。空气和玻璃之间的折射率差与纤芯和包层之间的折射率差存在很大差异。另外，圆锥形状在光纤头上产生透镜效应，从而能够将 LED 或激光二极管输出的更多光收集到光纤中。

在光纤端部加工锥透镜的抛光工艺虽然有效，但也很费力。光纤必须保持在非常精确的角度，且在抛光材料去除相对多的包层材料时保持旋转。相比而言，制造烧蚀锥透镜是在高度自动化的系统上完成的，激光加工透镜所需的时间通常短于装载和卸载的时间。这两种锥透镜加工方法加工而成的组件具有非常相近的外观和性能。

相比之下，拉锥的锥透镜通过加热光纤，然后将光纤急剧拉成尖头而成。虽然所形成锥透镜形状的角度要小得

Spec	Polished sample	Tapered axicon
Ellipticity: < 1.2	Ellipticity = 1.03 	Ellipticity = 1.02
Beam shape: Near Gaussian		
Spot size: 2.5 μm ±10%	2.37 μm	2.41 μm

图1：图中给出了抛光的锥透镜（中）和拉锥的锥透镜（右），及相应的椭圆度和光束形状。





► 技术中心 Technologies Center



图2: 光纤准直器端部的球透镜, 对光纤出射的光进行准直、聚焦或减小发散角。



图3: 端帽 (左上) 熔接到光纤上 (右下)。

距发射光纤端部的固定距离处形成球透镜。无芯光纤是首选, 因为折射率自始至终都是均匀的, 并产生无畸变的光束。如果不使用无芯光纤, 则芯与包层的折射率材料可以互相混合, 从而导致不一致和质量差的输出光束。

通过调节球的大小以及球与光束开始发散到无芯光纤中的位置之间的距离这两个参数, 可以在球的出射端产生会聚、发散或准直光束。还可以对球采取其他几种后处理技术: 例如沉积减反射 (AR) 膜层, 和 / 或抛光反射平面以产生从侧面出射的光束。可以将球安装在扩束接头中, 以尽量降低损耗, 并允许将外部光学元件添加到光路中。

球透镜加工的简易性使其可以采用特种熔接机, 或者设计专门用于制造球透镜的机器加工而成。幸运的是, 球透镜加工受益于熔融玻璃表面张力的物理特性。当光纤被加热并置于热源中, 光纤末端的熔融光纤在表面张力的拉伸下, 使玻璃自然形成一个完美的球体。

多, 但其光学性能几乎与其他两种加工技术加工的锥透镜完全一样。这种设计的典型区别在于, 光纤的纤芯与包层被同时拉细, 这点与其他技术中芯径不变是不同的。然而, 减小芯径似乎对光束质量没有影响, 因为光在尖端将被包层 / 空气界面所引导。这种技术的好处是基本上可以用当今市场上的任何特种熔接机来制备, 从而能实现颇具经济效益的加工。

球透镜 (见图 2) 可以通过几种方法加工而成, 其中最常用的是将无芯光纤熔接到已有的发射光纤上, 然后在

球透镜加工的简易性使其可以采用特种熔接机, 或者设计专门用于制造球透镜的机器加工而成。幸运的是, 球透镜加工受益于熔融玻璃表面张力的物理特性。当光纤被加热并置于热源中, 光纤末端的熔融光纤在表面张力的拉伸下, 使玻璃自然形成一个完美的球体。

端帽技术

在过去的几年中, 更高功率光纤激光器的出现已经促进了端帽技术的进步。光纤激光器输出端的能量密度可能非常高, 但使用端帽, 可以允许这种高密度的能量以受控的方式发散。由于激光从端帽发射, 利用自由空间光学元件, 可以将其重新聚焦到工作表面上。

这种结构的挑战是: 相比于光纤的直径, 端帽的直径可以极大; 端帽的直径比光纤激光器的实际光纤输出端大多达 4 至 8 倍并不罕见 (见图 3)。对于一些用于将光纤熔接到端帽上的加热方法而言, 如此大的尺寸将会带来挑战。

当使用电弧和细丝熔接机时, 必须极其仔细地管理直径比相对较大的端帽小得多的玻璃光纤中的热分布。将这种较大的端帽加热到熔融相所需的能量, 通常能够使直径较小的光纤气化。通过将端帽偏移到热源中来对这种效应进行补偿。

只有在一种情况下会出现例外, 即使用 CO_2 激光器作为热源。在这种情况下, CO_2 激光器通过石英的光子吸收进行工作, 光子吸收效应与被加热物体的表面积和热质量成正比。和较小的光纤相比, 与之连接的端帽具有大得多的热质量和表面积; 因此, 当两根光纤暴露在 CO_2 激光



全球领先激光光源产品制造商

显示、科研、医疗、美容



深圳极光世纪科技有限公司是专业从事激光模组、激光光源系统、半导体激光器、固体激光器等产品研发、生产、销售的高新技术企业。

深圳极光世纪掌握激光显示光源的核心技术, 其显示光源产品已达到国际领先水平。公司通过了ISO9001: 2008、ISO14001认证, 产品通过了CE认证、ROSH认证及美国FDA认证。广泛应用于激光显示、激光照明、激光舞台表演、激光医疗、激光美容等行业。在激光显示、照明、舞台表演、医疗、美容行业领域拥有成熟的光源产品和解决方案, 业已通过了客户终端测试与认证, 并成功推向市场, 得到行业用户的认可和高度评价。



深圳极光世纪科技有限公司

地址: 深圳市南山区西丽镇茶光路中段1089号
电子集成电路应用产业园四楼
电话: 0755-86954780、0755-86954781
网址: www.lasercentury.cc
邮箱: sales@lasercentury.cc



扫描了解极光世纪更多资讯!

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





► 技术中心 Technologies Center

能量下时，它们以大致相同的速率被加热。所有这些加热方法都将受益于从端帽的发射侧引入，这样可以减小因端帽质量较大所造成的热沉效应。

光纤拉锥

光纤拉锥有几种应用：例如，模场适配以最小化熔接损耗；加工合束器以提升光纤功率；形成倏逝波光纤传感器，通过存在于紧密围绕锥度较大、极小芯径的光纤周围的倏逝波，探测与外部物质的相互作用。光纤的绝热拉锥确保光束仍然被约束在纤芯/包层或者包层内。

利用大多数可用的设备，通过两个位移台保持光纤沿相同方向移动，单程能够获得 10:1 的锥度比。不管是当前市面上的通用设备，还是市场上的专用拉锥机器，一项重要指

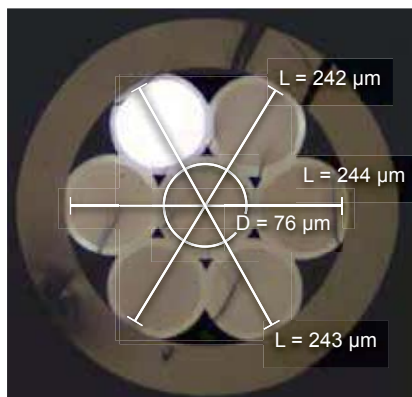


图4：多光纤合束器安放在外包层套管中。

标是光纤平台的线性行程。一些光纤拉锥需要高达 150 mm 的平台行程。因此，选择光纤拉锥设备时需要确保平台的行程足够长，以满足待生产器件的需求。

多芯光纤分支器

多芯光纤 (MCF) 是光纤行业的

一项新近的发展，目前正应用于传感以及旨在提高长程应用中单根光纤的数据传输密度。这类光纤的一项挑战是针对单根纤芯收发信号。MCF 分支器提供了实现这种功能的能力。

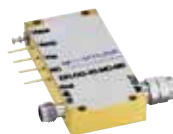
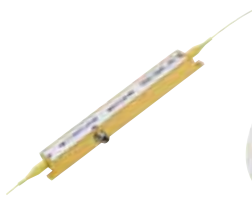
多芯光纤分支器包含一束光纤，这束光纤中的光纤根数与多芯光纤中的纤芯数匹配。对光纤进行拉锥，直至它们的芯间距与 MCF 的芯间距匹配。随后对这种复合结构进行切割，并熔接到多芯光纤的端部上，从而为在 MCF 的输入和输出端操作单根纤芯提供了一种方法。

生产这些装置的关键问题在于纤芯对准，对准精度必须保持在低至亚微米级的水平。完成这项技艺需要非常均匀的加热和拉锥工艺，以确保该拉锥绝热，以及纤芯间距保持均匀。



欢迎光临我们在慕尼黑上海光博会的展位 Hall 2 - #2259

慕尼黑上海光博会 LASER World of PHOTONICS CHINA



特种光纤
光纤布拉格光栅

铌酸锂调制器
各种调制方案

info@ixfiber.com • www.ixfiber.com • contact@photline.com • www.photline.com





► 技术中心 Technologies Center

光纤合束器

光纤合束器通常用于为光纤激光器提供激光二极管泵浦能量。通过将几根光纤拉锥到一起，可以将泵浦二极管的能量合束到单根光纤中，并熔接到主动光纤以形成激光谐振腔。有几种不同的合束器设计，每种设计都有相同的目标：以最小的损耗使进入激光谐振腔的光束最大化。

可以制备可靠和可重复的光纤合束器的设备很容易买到。生产这些合束器时必须特别注意；必须确保它们设计上是绝热的，且与任何污染物隔绝，原因在于沿合束光纤所传输的能量对这些特性敏感。高的局部损耗对光纤激光器来说可能是灾难性的；如果由于非绝热或者存在污染，导致光纤中的能量从泵浦合束器中逸出，典型结果是在该位置产生过热。这类失效往往是不可恢复的，需要将光纤激光器组件返修或更换。

模场适配器

模场适配器改变光纤的光学特性，以与其熔接的光纤匹配，降低熔接点的损耗。这可以通过两种方法中的一种来实现：1) 可以对较大的纤芯拉锥，以匹配较小的纤芯尺寸；2) 在熔接之前或者熔接时，通过加热较小的纤芯使其扩大。在最极端的例子中，单模光纤与多模光纤熔接，当光束从多模光纤传输到单模光纤时，通常会引起 20 dB 的损耗；使用 MFA，有可能将该损耗降低到低于 1 dB。今天的大多数特种熔接机都具备这种能力。

外套管

外套管是将光纤放到毛细管中，并坍塌毛细管直到与光纤熔接在一起的过程。图 4 所示为光纤合束器所使用的外套管。这个过程也可以用来在光纤和毛细管之间形成气密

密封。

外包层的一项更有趣的用途是将其与倒拉锥光纤结合。通过反向拉锥工艺有可能在短距离内增加光纤的纤芯数值孔径；在形成这种向上锥度后，光纤在直径扩大区域内被切割。随后将已扩大的光纤放置在毛细管套管中，套管坍塌以产生气密封。高能量光随后可被发射到已形成的更大芯径的区域。在这个锥度中，纤芯被绝热地降低到正常尺寸，从而防止大量能量损耗。

光纤行业的许多公司在制造特定的分立元件方面已有超过 30 年的历史；大部分工作使用的是定制的专用设备。得益于特种熔接和玻璃加工设备的最近发展，我们已经见证了光纤组件能力方面的众多进展。现在，高精度制造设备一应俱全，使得生产日益复杂的光纤光学组件变得更加容易，这将有利于行业创新。□

深圳砭石推出卡口用激光测速传感器

日前，深圳市砭石激光测控有限公司 (www.faselase.com) 推出一款可用道路交通监控的激光测速传感器——FS-ITS20。与传统的移动手持式激光测速相比，该传感器可集成于卡口等固定式监控产品中，从而实现全天候精确测速。

相比其他测速方式，激光测速最大的特点是精确度非常高，同时能够在恶劣天气条件下工作，而 FS-ITS20 由于其具有安装简单（不需破路、封路，安装方式同摄像机一样）、使用寿命长（5 万个小时）、维护量小（更换只需 5 分钟）、性价比高等特点，可广泛应用于智能交通行业采用。



据了解，该款产品已经为广东省计量质量研究院用于对其他车辆测速产品的审校，其准确度已经得到了计量检测部门的高度认可。

产品规格

- 车头捕捉准确，误差小于 ± 0.25 m。
- 车辆捕捉时间短，只需 0.1 ms。

- 车速测量精准，误差小于 $\pm 1.5\%$ ，远小于 -6 km/h ~ 0 km/h 的标准；
- 捕获率高，超过 99% (摩托车除外)。
- 非接触式测量，无需封路、破路。
- 安装使用简单，顶置安装只需对准被测道中心，FS-ITS20 激光车检传感器本身可触发测速距离，其输出直接和摄影机 RS485 相连。
- FS-ITS20 激光车检传感器本身达到 IP66 防护标准，无需加任何防护装备。
- 附件配件丰富，支持各种方式安装，支持雅安鸭咀。
- 支持多种输出：两路数字、1 路模拟、RS232、RS485、RS422 等多种输出。





光谱测量

超窄激光光谱线宽测量

NKT Photonics公司

北京凌云光子技术有限公司陈德玺译

光谱线宽测量是对激光光谱成分的测量。不同类型的激光器，其线宽的数值会有几个量级的差异：经过特别稳频的连续激光器，其光谱线宽可以达到 1 Hz 以下，而有些激光器则可以覆盖几个 THz 范围的光谱，如飞秒激光器。

光谱线宽的原始数值由 Shawlow-Townes 表达式给出，它从本质上说明了线宽是由自发辐射过程引起的相位变化造成的。对于稀土掺杂激光器，比如掺铒光纤激光器，Shawlow-Townes 线宽数值在 mHz 范围内。

一般而言，窄线宽激光器的真实线宽是难以测量的：所有的测量方法均受限于有限的测量时间，及在这段时间内激光光源的线宽受到的由不同噪音源引起的频率抖动的影响，如泵浦激光器噪声、声学噪声、振动噪声等。以窄线宽激光器为例，测得的线

宽可以看作是测量系统在积分时间内的技术噪声源造成的综合频率抖动。

自外差法

通常情况下，使用自外差拍频法测量激光光谱线宽。在这种方法中，信号通过一个两路非平衡的马赫-增德尔光纤干涉仪，其中一路有声光移频器，另一路为延迟光纤（见图 1）。对于窄线宽激光器的测量，延迟光纤的长度通常是 25 km，对应的时间延迟约为 120 μ s。两路光信号干涉产生一个形状和宽度与激光线宽有关的频谱。

对测量的频谱分析存在两种情况：一种是激光的相干长度小于或接近干涉仪的臂差，一种是激光有更长的相干长度（the sub-coherent domain）。激光的相干长度如果小于干涉仪臂差，则在理想情况下会产生

一个半高宽（HWHM）与激光光谱线宽相等的洛伦兹谱（见图 2）。

严格来讲，本文中的“理想情况”仅指具有白噪声光谱的激光（对应于时间相干性的指数衰减）。而大多数线宽非常窄的激光器光谱，都包含大量的 Gaussian 型噪声（比如泵浦噪声、振动噪声、声学噪声）。这导致了线宽的线型更接近于复杂的 Voigt 线型，Voigt 线型是 Gaussian 线型和

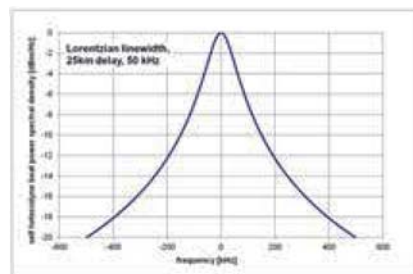


图2：线宽50 kHz光源的洛伦兹线型函数理论谱线（自外差法）。

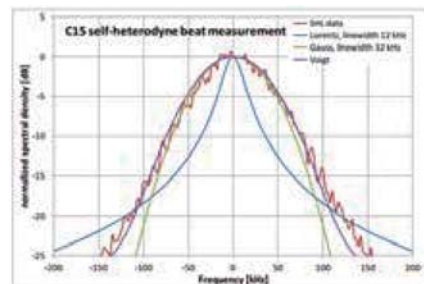


图3：C15激光器SHL数据（25 km时延光纤）及其不同线型函数下的拟合结果：Lorentzian（12 kHz）、Gaussian（32 kHz）以及Voigt。

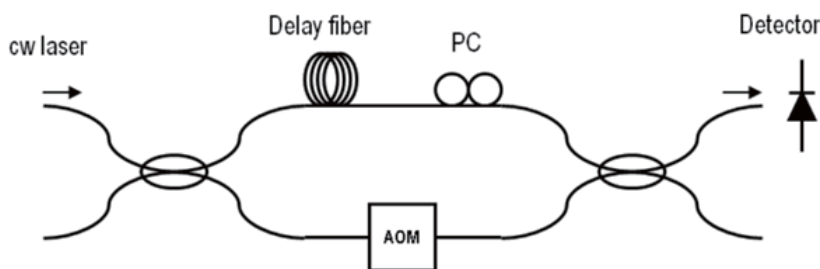


图1：自外差线宽测量系统。





► 技术中心 Technologies Center

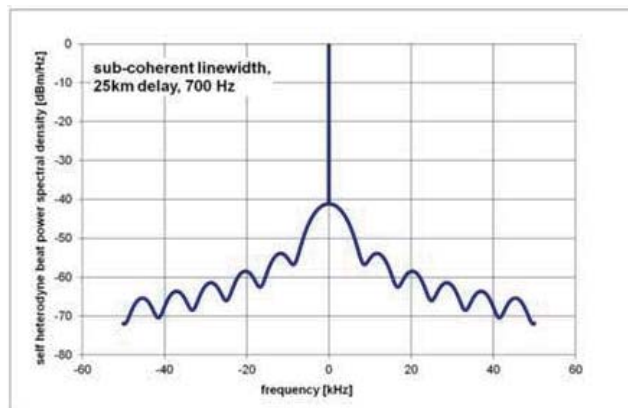


图4: 700 Hz线宽激光的理论线型函数 (自外差法)。

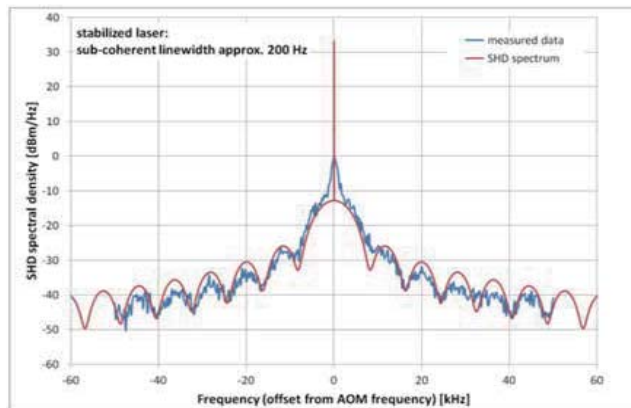


图5: 200 Hz SHD光谱 & E15测量数据 (25 km延迟光纤)。

Lorentzian 线型的卷积。对于稀土掺杂的光纤激光器, Lorentzian 线宽数值通常很小, 所以线型函数更接近于 Gaussian 线型。这相当于频率噪声谱以 $1/f$ 函数形式呈现, 直到高频频段 ($> \text{MHz}$)。光谱并不展示白噪声基底, 它只是按 $1/f$ 函数的趋势延伸, 一直到散粒噪声和 ASE 明显显现的频段。尽管如此, 激光器厂商们还是常常采取保守的方法来测量洛伦兹线宽, 即测量自外差线型峰值点 20 dB 以下的频谱宽度, 因为此处来自 Gaussian 的影响不显著, 所以相应的 Lorentzian 线宽也很容易计算, 约为 20 dB 频谱宽度的 10%。

图3举例说明了使用自外差法测量 NKT C15 激光器线宽的结果: 通过自外差法测得线宽约 32 kHz, 而 20 dB 处的半宽约为 120 kHz。图形显示, 其相应 Gaussian 曲线线宽为 32 kHz, 在 20 dB 处半宽约为 95 kHz; Lorentzian 线型函数在 20 dB 处半宽为 120 kHz, 对应的 Lorentzian 线宽为 12 kHz; 不论是 Gaussian 还是 Lorentzian 线型函数都不能与实测很好的匹配。Lorentzian 只在 -20 dB 处与测量曲线有数值交叉, 说明匹配度很差, 而且仅传统的方法使用这一

数值作为激光 Lorentzian 线宽的测量, 因为这样测得的线宽明显更窄。作为对比, 图3中给出了 Voigt 的拟合曲线。

对于相干长度明显大于干涉仪臂差的激光, 自外差线型函数明显与 Lorentzian 线型函数有偏离。这是由于来自干涉仪两个路径的光的相干干涉。图4举例说明了 700 Hz 线宽的光的情况。线型函数由与 AOM 频率有关的狄拉克 Δ 函数以及干涉仪传输函数组成, ripples 的深度由激光线宽决定。测量噪声和有限的系统带宽, 会使测量结果与理论线型函数及真实的 ripples 深度有偏差。

然而, 这种类型的线型函数本身就说明了线宽小于 1 kHz, 得到线宽的最好方式是对所测数据的线型函数的拟合。图5举例说明了对 E15 激光器的线宽测量 (sub-coherent linewidth measurement), 其相应线型函数对应的线宽数值为 200 Hz。

相位噪声积分

另一种线宽测量的方法基于频率噪声积分:

$$\Delta \theta_{\text{rms}}^2 = \int_0^{\infty} S_{\Delta \theta}(f) \cdot (df)$$

这里, $S_{\Delta \theta}(f)$ 是频率噪声频谱

密度函数 (按 Hz^2/Hz 计算)。尽管这个方法在理论上至少对由 $1/f$ 噪声主导的激光器是有效的, 但实际中只有对积分的频率范围已知时才有意义。和使用 25 km 时延光纤的自外差拍频方法相比, 其积分范围应该从大约 10 kHz 直到设备的频率上限。E15、X15 (E15 的稳频版) 和 C15 光纤激光器

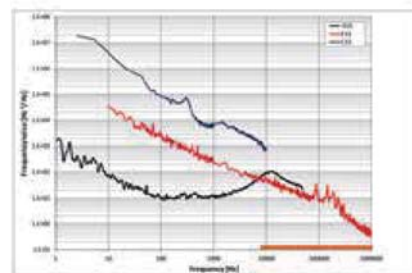


图6: 激光器型号X15、E15、C15的频率噪声 (橙色线指的是与使用25 km延迟光纤的自外差测量方法相对应的大致积分范围)。



图7: Menlo ORS1500稳定光纤激光器系统。





► 技术中心 Technologies Center

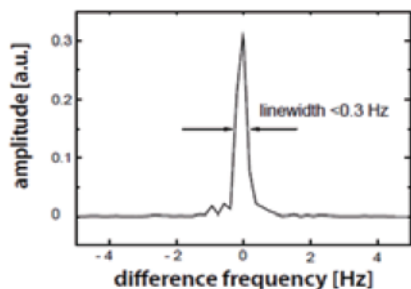


图8: 两个Menlo ORS1500稳定光纤激光器系统的拍音: 线宽<0.3 Hz。

的频率噪声如图6所示。

外差拍音线宽

“外差拍音线宽”大体上覆盖了与由技术噪声引起的频率抖动有关的窄线宽激光器的线宽, 该技术噪声是指由上文描述的使用25 km延迟光纤的自外差拍频法测量时引起的kHz线宽值。测量这些线宽的准确宽度非常困难, 但基于稀土掺杂光纤激光器

漂移出测量窗口范围。对大多数激光器来说, 这是一个严格的限制, 除非它们具有非常高的稳定性。比如Menlo的ORS1500激光器, 是一个被超级稳定的低热膨胀干涉仪锁定的光纤激光器。这使它产生线宽<0.3 Hz的拍音成为了可能(见图7、图8)。它的缺点是由于该系统的尺寸及复杂性, 使其仅对于特殊的应用才具有实用性。

对于紧凑、稳定的X15激光器, 残余的频率漂移抑制了对具有如此低数值的外差拍音线宽的测量, 但它还是能够得到只有几十Hz数值的线宽。

相干性

理想状态下, 激光的相干时间与线宽成反比关系 $\Delta \nu = 1/(\pi \cdot \tau_{\text{coh}})$ 。这

个关系只在 Lorentzian 线宽条件下严格准确。正如前文所述, 对于窄线宽激光器, 比如稀土掺杂光纤激光器, 测量的线宽最好可以看作是更窄线宽的频率抖动的综合。因此, 如果测量的线宽被使用, 其相干时间(和相干长度)常常远大于由这个反比关系得到的数值。□

参考文献

1. http://www.rp-photonics.com/self_heterodyne_linewidth_measurement.html
2. <http://www.rp-photonics.com/linewidth.html?s=ak>
3. Fritz Riehle, “Frequency Standards, Basics and Applications”, Wiley 2004, section 3.4

我们为您

做些什么呢 ?

镜片

棱镜

滤光片

非球面

镀膜

Andrew Fisher
修改专家

快速修改现货光学元件
两周内出货

慕尼黑上海光博会
(中国) 见!

2015年3月17日-19日
1406号展位

Edmund
optics | china

Tel.: +86 (0755) 2967 5435

www.edmundoptics.cn





► 技术中心 Technologies Center

光学滤光镜

使用光学滤光镜增强图像对比度

Nicholas Sischka, Edmund Optics公司光学工程师

选择正确的滤光镜可以提高所获图像的对比度，减少提取相关图像数据的处理时间。

在设计任何机器视觉系统时，获得最高的图像对比度可能是最重要的因素。照明水平的选择、孔径大小和镜头质量都可以增加图像对比度，提高系统性能。虽然需要增加系统性能的设计师可能会选择升级他们的照明或镜片，这样的选择对机器视觉系统而言，会增加很大的成本。然而，如果设计师评估成像物体的光谱特性，他们可能会发现，滤光镜就可以提高成像性能，并且对其他设计元素的影响最小，同时又具有非常有吸引力成本。

设计师有一系列的滤光镜类型可供选择，其定义通常取决于透射曲线的结构。长通滤光镜用来阻止短波，允许长波通过。短通滤光镜相反，允许短波通过，阻止长波。（图1a）带通滤光镜允许中间波长通过，阻止长波或短波。陷波滤光镜与带通滤光镜相反，阻止中间的波长，允许长波和短波通过（图1b）。在这些组合中，每个滤光镜的可用类型取决于创建它们的技术；例如有色玻璃滤光镜就不会有陷波滤光镜的功能。

有色玻璃滤光镜，在某些应用中为改善对比度提供了一个廉价的解决方案，但仅限于在广泛的光谱特征基础上能识别的物体，例如从紫色物体中分离橙色物体。

干涉滤光镜也传送特定的波长范围，但比有色玻璃滤光镜更精确。干涉滤光镜可对传输的和 not 传输的波长进行纳米级控制，而有色玻璃的控制远不那么精确。中性密度和偏振滤光镜也可以为特定的成像场景提高性能。要把多

种滤光镜恰当地合并到系统中，设计师必须了解每一种类型滤光镜的优点和局限性。

有色玻璃滤光镜

有色玻璃滤光镜的光谱辨别是通过添加到玻璃材料中的不同掺杂物实现的。一个给定滤光镜的传输波长和强度衰减是由掺杂物的选择及其浓度决定的。材料掺杂后，剩下的生产过程跟标准光学玻璃制造几乎是相同的。

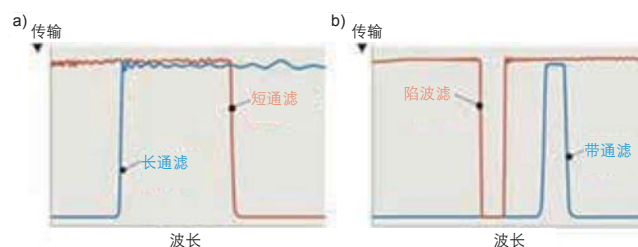


图1：设计师有一系列的滤光镜类型可供选择。(a)典型的短通和长通传输曲线。(b)典型的带通和陷波传输曲线。

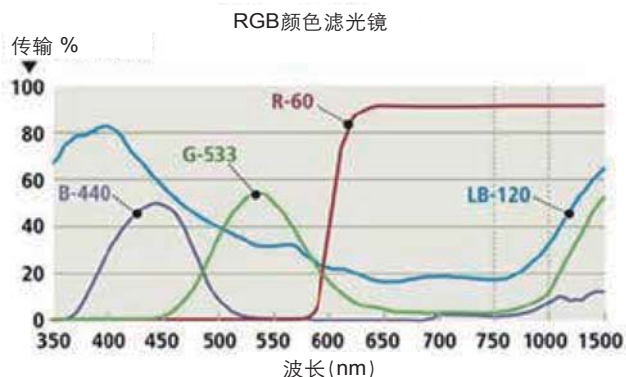


图2：有色玻璃滤光镜在阻碍和透射波段之间的转换通常比较缓慢，其传输曲线也不像镀膜干涉滤光镜那样倾斜。





图3: 有色玻璃滤光镜用于屏蔽颜色轮中相对面的色彩时, 是最有效的。

有色玻璃滤光镜是最具成本效益的应用方案, 有较广的光谱要求, 其性能取决于角度——即使使用广角镜头或倾斜于系统光轴时, 其光传输也不会转变。不过, 有色玻璃滤光镜在阻碍和透射波段之间的转换通常比较缓慢, 其传输曲线也不像镀膜干涉滤光镜那样倾斜, 并且在传输带传输的光线也不像干涉滤光镜那么多(图2)。

尽管有色玻璃带通滤光镜在概念和设计上相对简单, 它们可以大大提高图像质量。它们有效地收窄视觉系统中的可见波段, 相比干涉滤光镜, 通常更便宜。有色玻璃滤光镜用于屏蔽颜色轮中相对面的色彩时, 是最有效的(图3)。

有许多其他类型的有色玻璃滤光镜。例如, 当使用多色光源和颜色传感器时, 蓝色日光滤光镜可以用于平衡颜色, 紫外线滤光镜可以选择性地传输 254 nm 和 365 nm 水银灯光线。

红外截止滤光镜在机器视觉应用中用于支持单色和彩色摄像机。硅图像传感器, 在大多数机器视觉相机中, 对近红外线波长——约 1 μm 反应。近红外波长通常来源于高架荧光灯或其他不必要的光源, 可使传感器不准确。

在彩色摄像机中, 红外光线可

对传感器造成假色而降低整体图像拍摄。这就是为什么许多彩色成像相机的传感器都配有红外截止滤光镜。对于黑白摄像机, 红外光线的存在会降低整体图像的对比度。

干涉滤光镜

如果你的任务只是区分一个黄色和一个紫色的板片, 有色玻璃滤光镜就够用了。然而, 如果需要检查出零件非常小的颜色变化, 就需要干涉滤光镜的光谱辨别了, 因为这样的滤光镜在传输和阻碍波段之间转换非常敏锐。

波长选择性干涉滤光镜由沉积在特定基底的有高低折射指数的交替介电层组成。基底表面的特性和均匀性构成滤光镜的基线光学特性, 波长限制由基底的传播特性决定。介电层使滤光镜产生精细的光谱特征, 通过对不在传输带内的光波进行破坏性干扰, 阻止这些波长通过滤光镜。

干涉滤光镜通常用较高的光密度制作 (OD), 即阻止波长的屏蔽效率。尽管高的光学密度可以使系统更健壮, 许多机器视觉应用并不需要这种程度的精度。通常, 任何滤光镜使用 4 级或更高的光密度, 都超过了精确度的需要, 增加了不必要的成本。

滤光镜的局限性

决定镀膜滤光镜性能的干扰效应, 也是滤光镜局限性的主要因素。干扰的特点取决于给定波长的光线和穿过介质的光波长之间的关系。当光波以非设计中的角度穿过一个干涉涂层时, 每一层的路径长度都会发生变化, 从而修改了滤光镜的波长选择性(图4)。

所有干涉滤光镜都有特定的入射

pco.

on the cutting edge

the most versatile
sCMOS camera portfolio
on the market

deep
cooled

small
form factor



new
models
edge 4.2 LT
& edge 3.1

special
microscopy
readout
modes

www.pco.de
www.pco-tech.com





► 技术中心 Technologies Center

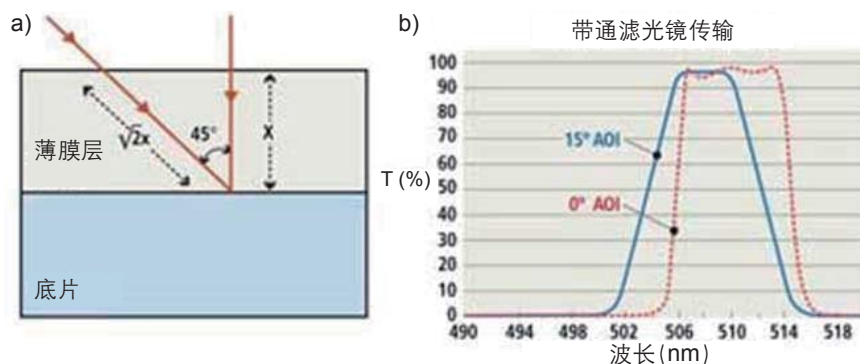


图4：干涉滤光镜函数取决于光入射滤光镜所通过的距离。(a)以正确的入射角，光波被滤光镜破坏地干扰，禁止它们通过滤光镜。以另外的入射角，相消干扰并不那么有效，改变了滤光镜的作用性能。(b)以蓝色线的转变作为例子，显示以15度的入射角通过带通滤光镜。注意不仅下面的波长发生了改变，坡度也没那么倾斜。虚线是理想的例子，显示以0度入射角通过滤光镜。

角 (AOI)，通常是 0° ，除非另有定义。当一个滤光镜被放置在镜头面前，接受的角度由镜头的视野角决定。在短焦距的情况下 (大角视野) 镜头，光线通过滤光镜通常会显示一个非预期的效果，带通波长会发生变化，斜率会下降。这种效应被称为蓝移 (图 4 b)。例如，4.5 mm 的广角焦距镜头将有一个更大的蓝移，比起 50 mm 窄角焦距镜头。

在图像不同的区域点，滤光镜将传输不同的波长范围：区域越远，蓝移越明显。在大多数情况下，相比有色玻璃滤光镜，干涉滤光镜能提供更好的过滤控制，但当使用广角镜头干涉滤光镜时，要注意潜在的缺陷。

彩色滤光镜

根据图 5a 的示例，其中红色和

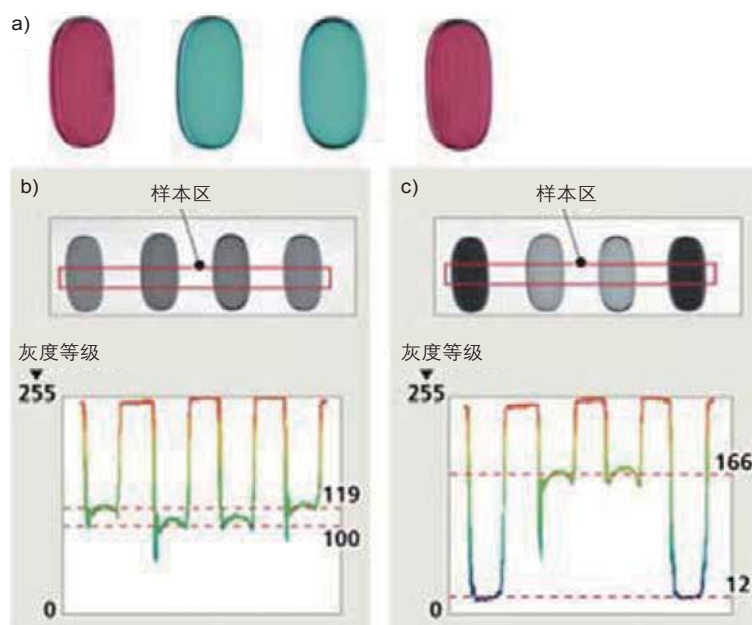


图5：有色玻璃滤光镜可以大大增加被检查的不同物体的对比度。(一)红色和绿色胶囊在白色背光下检查。(b)单色图像没有任何过滤，显示绿色和红色胶囊的对比度仅为8.7%，低于20%的最低建议对比度。(c)相同的胶囊使用单色相机成像和绿色有色玻璃滤光镜提高了86.5%的对比度。

绿色凝胶胶囊在白灯背光下检查。这是一个分类应用，药片需要按颜色分开。单色图像没有任何过滤 (图 5b)，绿色和红色胶囊的对比度只有 8.7%，低于 20% 的建议最低对比度。

在理想世界里，整个系统中没有波动噪音，8.7% 的对比度将是足够了。然而，环境光水平的小波动或镜头或传感器中的温度波动能够降低已经很低的 8.7% 的对比度值，以致系统不再能够正常操作。这种情况可以通过一个昂贵的光挡板或重调整整个照明方案得以解决；但最简单、成本最低的解决方案是使用一个绿色有色玻璃滤光镜提高两个不同颜色胶囊的对比度。如图 5c 所示，对比度从 8.7% 改善到 86.5%——增长了近 10 倍。

中性密度

中性密度滤光镜可在不改变 $f/\#$ 或曝光时间的情况下控制图像亮度。吸收和反射型的中性密度滤光镜能均匀地降低光传播到传感器上的光线。应用在中焊接中，无论曝光时间多少，成像仪可保持饱和状态，中性密度滤光镜可减少光吞吐量，而不需要改变 $f/\#$ (可影响系统的分辨率)。变迹滤光镜是专业滤光镜，使用光学密度减少与中心的径向距离。它们能帮助处理图像中心由物体强反射造成的聚光点问题。

成像和机器视觉应用一直在完善中。设计师有很多方法让系统更加可靠并有可重复性，光学滤光镜能控制图像的对比度，帮助提高成像系统的准确性。无论是简单的颜色过滤或偏振过滤，每个滤光镜都能解决各自独特的问题；重要的是要选择适合您特定应用需求的滤光镜。□





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



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





► 精英访谈 Elite Interview

独特光纤设计实现 高光束质量的光纤激光器

——访Nufern首席技术官及亚太区销售总监Adrian Carter博士



Rossie Pang

Nufern 是一家世界领先的特种光纤、光纤线圈、光纤激光器和光纤放大器制造商，其产品广泛应用于工业、军事、航空、医疗及电信等各类市场。目前 Nufern 能够提供超过 1500 种标准光纤和定制特种光纤产品，以及一系列交钥匙型光纤激光器和光纤放大器。

孜孜不倦的光纤产品创新

Nufern 最初主要为电信行业生产特种无源光纤和光敏光纤；而目前针对激光器行业，Nufern 也是业界公认的全球领先的有源光纤及之配套的无源光纤供应商。作为光纤领域的先驱，Nufern 创造了多项世界第一，其在大模场光纤 (LMA) 和基座光纤 (Pedestal) 光纤领域一直处于领先地位，使得位于 1~2.2 μm 波段的光纤激光器系统的输出功率快速提升，不断达到新高度。

Nufern 并未止步于已获得的荣誉和成就，其继续研发新产品，拓展特种光纤种类。“每年我们都会增加新的和改进的产品，当然今年也不例外。” Nufern 首席技术官及亚太区销售总监 Adrian Carter 博士说道，“最近几年，Nufern 已经推出了大量精密匹配型光纤，其可提供更严格控制的

技术指标公差，以在有源光纤和无源光纤匹配中实现最低的熔接损耗、更低的热负荷，且更易于生产。”

Nufern 最近推出的独特设计的 NuCOATFA 氟化丙烯酸酯低折射率涂覆层，大幅提高了光纤在更严苛环境中工作和存储的耐久性。Nufern 还于今年推出了其第九代双包层掺铒光纤 NuGEN9，其在光纤高吸收和可靠性方面达到了最先进水平。独特的 NuCOATFA 涂层确保光纤在潮湿和燥热条件下的最佳性能，同时结合 NuGEN9 第九代工艺设计，可以确保卓越的输出光束质量、更长的使用寿命，满足现代工业光纤激光器的应用要求。

应对光纤传感与光纤激光器市场需求

光纤传感器市场对新型光纤产品的需求正在急剧上升，而其中增长最快的部分是用于石油和天然气行业的分布式光纤传感器。必须需要新型光纤使得分布式温度、声学及压力传感系统实现最佳性能。大部分系统光纤需要工作在油井中的高温和严苛的化学环境中。系统中的其他光纤则必须优化，使其对应力、压力及声波等环境变化的灵敏度极高。这些要求都需

要开发新的光纤和涂覆层设计。去年，Nufern 专门针对井底环境中的分布式传感应用而推出了两款光纤产品，一款为多模光纤，一款为单模光纤，这些光纤产品的最高工作温度可达 300℃，并且可在富氢环境的油井中工作。

另一个需要高性能光纤的领域是光纤激光器。光纤激光器已成为众多工业激光加工应用的首选，用户希望光纤工作在更高脉冲功率和更高平均功率下，并且光纤必须在整个应用生命周期内高度可靠。这便需要采用新型玻璃组分来开发光纤，一些成熟应用多需要输出波长为 2 μm 左右的光纤激光器。典型的 2 μm 光纤（如掺铥光纤和掺铽光纤）的工作效率并非如 1 μm 掺铒光纤那样出色。“然而，通过优化掺杂技术和光纤设计，Nufern 已经开发出了一系列掺铥光纤，实现了在一个泵浦光子的激励下产生两个激光光子，从而使得人眼安全波段的高效光纤激光器成为现实。”最新的掺铽光纤产品家族，其激光波长可以延伸到中红外波段。这些产品结合了更大的安全性及更高的效率，使得 Nufern 的光纤产品继续探索更多的应用市场。

Adrian 表示，具有更高平均功





率的打标光纤激光器，在精细材料切割和焊接领域非常有用；同时人们对激光冷加工需要的更短脉宽激光器也表现出了浓厚兴趣。为此，Nufern 开发出了一系列新型匹配光纤（型号为 M+ 系列），以期实现最低熔接损耗、高光束质量及高输出功率。这些光纤具有严苛的几何公差技术指标，能确保有源光纤和无源光纤之间最低的熔接损耗，实现更低的热负荷。利用 M+ 系列光纤可以通过降低整体损耗和最小化光纤热负荷来提升光纤激光器的性能，降低生产成本。

“我们既生产光纤又生产光纤激光器，这使得我们能够更好地控制光纤激光器的设计和优化。Nufern 主要致力于实现具有更高光束质量的光纤激光器，因为我们坚信，更好的光束质量将使光纤激光器在更广泛的应用中拥有巨大优势。” Adrian 表示。

服务与战略

Nufern 除了提供广泛的标准光纤产品外，还提供种类繁多的特种光纤，包括用于激光器和放大器的稀土元素掺杂光纤、应用于陀螺仪的陀螺光纤、用于航空航天抗辐照光纤、光敏光纤及各种保偏光纤等产品。Nufern 还为客户提供广泛的定制光纤服务，Nufern 能根据客户需求生产出拥有最高质量标准和高可靠性的定制光纤。

Adrian 表示，Nufern 将通过定期推出新产品来持续发展自己的光纤事业，同时建设公司自己的高分子化合物团队研发生产光纤涂层，继续为来自全球的电信、工业、国防及医疗客户提供满意的产品。

而对于快速增长并且需求不断变化的中国市场，对于任何一家厂商而言无疑都蕴育着巨大商机，“Nufern 将继续在中国投资，持续发展。” Adrian 最后总结道。□

2015 年全球激光材料加工系统市场将继续保持高增长

市场研究公司 Optech Consulting 表示，在 2014 年全球激光材料加工系统市场达 116 亿美元，比 2013 年的 107 亿美元增长 8%。中国和整个亚洲对工业激光系统的需求均呈两位数增长。

北美市场的需求超过了平均值，而欧洲则因受到地区经济疲软的拖累导致市场增长低于平均值。从全球来看，市场的增长主要受到高功率切割和焊接应用和精密加工（包括低功率切割、钻孔、焊接和添加制造）等应用的驱动。相比之下，电子行业中用于微加工的激光产品需求仅表现出了中等增长。

在需求增长方面，光纤激光器再次超过了其他类型的激光器。Optech Consulting 公司 CEO Arnold Mayer 表示，2014 年工业激光器应用中的一些增长是之前未曾预料的，如切割和焊接应用，以及高功率激光器的销售。从长远来看，用于微加工应用的激光器将呈增长趋势。

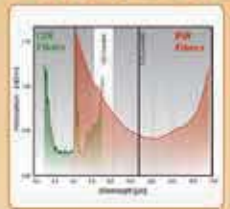
对于 2015 年，若经济环境保持稳定，Optech 预计 2015 年全球激光材料加工系统市场仍然将保持较高的一位数增长。“目前，我们尚没有任何理由预测 2015 年的市场会比 2014 年更糟，因此我们预计这一市场将继续以较高的一位数增长。当然，2015 年的增长速度将很可能受所用计算货币种类的影响。如果依照现行汇率，使用美元计算和使用欧元计算的结果将会有所差异。” Arnold Mayer 表示。

顶尖 PINNACLE

Your Strategic Partner in Photonics

art photonics

PIR 远红外光纤



- 最工作波长：3-18 μm
- 芯径：240 / 400 / 630 / 900 μm

应用：可用于传输中红外激光，如 CO₂ 激光

PolarOnyx Laser

PolarOnyx 高功率飞秒激光器



- 波长：1025-1100nm
- 最高功率：50W@80-500fs;
100W@500ps
- 单脉冲能量：最大 50J@10KHz
- 重复频率：10MHz-200MHz@高功率型
10KHz-5MHz@高能量型

DUMA OPTRONICS LTD.

BeamOn WSR
光斑分析仪



- 波长范围：190-1600nm
- 像素尺寸：8.6 μm × 8.3 μm
- 探测器有效面积：6.47mm × 4.83mm
- 接口类型：USB2.0



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。

顶尖科仪部分代理厂家（以开头字母排序）



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





► 产品精英 Products Highlight

超小型灵活 Q 开关 DPSS 激光器

Newport 旗下公司 Spectra-Physics 的两款 Explorer One 系列超小型灵活 Q 开关二极管泵浦固态 (DPSS) 激光器新增两款新产品



Explorer One 532-2 和 532-2Y, 其绿光波长输出的平均功率超过 2 W, 适合需要性能卓越、极端耐用、外形小巧的产品的应用领域, 包括金属和塑料的显微机械加工与打标、PCB 制造中的激光直接成型 (LDS)、玻璃内部打标以及薄膜刻图。

Explorer One 532-2 是专为需

要高脉冲重复频率的应用而设计的 Nd:Vanadate 激光器, Explorer One 532-2Y 则是适合要求脉冲能量较大的应用领域的 Nd:YAG 激光器。Explorer One 532-2 在 532 nm 重复率为 50 kHz 时, 功率大于 2 W。Explorer One 在 10 kHz 的脉冲能量高达 200 μ J 以上。两款激光器都具有短脉冲宽度 (<15 ns) 和低脉冲能量噪声 (<3%), 典型 M^2 值为 1.1, 适合工艺稳定和产能要求超高的应用。

Spectra-Physics

www.spectra-physics.com

实时激光钻孔监测系统

Rofin 公司的 VisionPerfoControl 实时监测系统, 用于监测激光穿孔质量, 确保激光所打出的微孔具备一致的质量和直径。通常, 这些孔的直径小于 120 μ m, 而包装膜移动的速度为 100~400 m/min。



VisionPerfoControl 的激光穿孔头各自配有一台相机, 并采用图像识别软件处理每台相机的输出, 以记录微孔的尺寸。这样能够监测微穿孔过程, 消除系统不正确设置的可能性。

Rofin, www.rofin.com

光斑分析仪 BeamOn WSR

产品特点:

- 可测光谱范围 190~1600 nm
- 连续、脉冲激光均可测量
- USB2.0 通讯接口
- 2D/3D 实时测量显示
- 可测光束能量分布、外形轮廓和位置
- 实时数据记录和统计

• 软件操作方便快捷、便于在线应用

性能参数:

- 光谱范围: VIS: 350~1600 nm; UV: 190~1600 nm
- 相机类型: WSR 宽波段 CCD $\frac{1}{2}$ "
- 探测响应面积: 6.47mm $\times$ 4.83mm
- 像素大小: 8.6 μ m (H) $\times$ 8.3 μ m (V)
- 尺寸: 80mm $\times$ 78.5mm $\times$ 49mm;

带三块滤波片

- 最大帧速: 25 Hz

产品应用:

- 激光光束分析: 轮廓、光束尺寸、位置、功率
- 激光光束质量分析
- 多波长激光准直



顶尖科仪, www.psci.cn

Spectra-Physics 具有成本效益的高功率 UV 激光器

Newport 旗下公司 Spectra-Physics 的 UV Talon 355-20 激光器, 可输出大于 20W 的 UV 功率, 提供 0~500 kHz 的宽重频范围, 并具备极佳的光束剖面与稳定性, 适合生产 PCB、半导体、电子元件和显示屏等移动设备组件。



Talon 包含 >20W、>15W、>12W 和 >6W UV 版以及 >20W 绿光版。激光器采用“一体化”设计, 电源与激光头结合到单个公共的坚固封装之中, 可实现简单系统集成, 而工厂亦可自由切换型号以满足最终客户的特殊需求。Talon 通过广泛的环境检验测试, 每一只激光器均经严苛的生产测试, 以确保在全天候生产应用中发挥最佳可靠性, 并实现最低购置成本。

Spectra-Physics, www.spectra-physics.com

超连续谱激光器 WhiteLase SC480-20 出货

Fianium 公司拥有极高亮度的 WhiteLase™ SC480-20 超连续谱激光器现已出货, 其输出亮度比最接近的竞争对手约高出 3 倍, 为超连续谱输出功率设定了一个新标准。

主要参数:

- 输出波长范围 480~2400 nm
- 输出总功率达 20 W
- 可见光波段 (350~750 nm) 的输出功率 3 W
- 扩展可见光波段 (350~850 nm) 的输出功率为 4.5 W
- 平均光谱功率密度 >10 mW/nm
- 重复频率 100 kHz~80 MHz
- 功率稳定性 <1%
- 基本脉宽约 6 ps



Fianium, www.fianium.com





CASTECH[®]

福晶科技

第11届上海光博会
LASER PHOTONICS CHINA地址: 中国上海浦东新区
龙东大道1111号 200120

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)



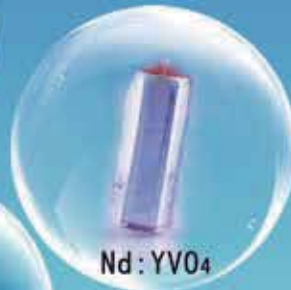
LBO



BBO



KTP

Nd:YVO₄

精密光学产品



红外光学产品



隔离器



扫描场镜

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





► 产品撷英 Products Highlight

飞秒激光加工系统

立陶宛 Workshop of Photonics 公司提供领先的飞秒激光微加工设备 & 解决方案, 以下是该公司提供的几种飞秒激光加工系统。

FemtoLAB 实验室级飞秒激光加工系统

- 高端工业级飞秒激光器
- 高速精细微加工
- 物体定位纳米精度
- 扫描振镜高精度激光束导向

FemtoFAB 工业级飞秒激光加工系统



- 高加工速度 350000px/s
- 加工不同物体, 亚微米分辨率
- 直驱亚微米精度位移台
- 扫描振镜高精度激光束导向

FemtoLAB kit 飞秒加工系统组件

- XYZ 高精度样品位移台
- 选定波长的光束传输和整形系统
- 单窗口软件控制全部系统
- 容易扩展, 用户可设计

SOLLAS 光伏电池飞秒激光工作站

- 工业生产线产量 2.5 MW/a
- 飞秒紫外和纳秒红外激光源
- 机器视觉系统探测旋转和调整激光扫描区域
- 5" 和 6" 晶圆加工

顶尖科仪, www.psci.cn

DILAS发布240 W/915 nm光纤激光器泵浦模块

DILAS 发布输出波长 915 nm、输出功率高达 240 W 的光纤激光器泵浦模块。该模块基于 DILAS 独特的巴条结构, 这



一创新平台结合了优化的芯片结构和高亮度光束整形技术, 完全由自动化生产过程装配。巴条为多单管结构, 能在每个制造步骤中处理多个单管, 降低制造复杂性, 并提升了光束质量和光纤耦合效率。输出光纤为芯径 200 μm 、NA 0.22 的不可拆卸式尾纤。

该模块的应用领域包括工业和科研领域的高功率光纤激光器泵浦应用, 以及直接二极管应用。

DILAS, www.DILAS.com

外腔可调谐半导体激光器

外腔半导体激光器是窄线宽激光器中常规产品, 适合用于冷



原子、热原子、离子 / 原子阱、计量、测距以及干涉实验中。

ECD004 外腔可调谐半导体激光器

工作波长: 370~1064 nm

线宽: <200 kHz

功率: >200 mW

CEL002 猫眼外腔可调谐半导体激光器

工作波长: 370~852 nm

线宽: <100 kHz

功率: >100 mW

DLC 外腔可调谐半导体激光控制器

- 集成差分探测器

- 超低噪声电流控制
- 温度控制
- 扫频控制
- 高压压电驱动 $\times 2$
- 锁相放大器
- 伺服反馈滤波电路
- 调制驱动

Moglabs, www.moglabs.com

高速色度计MSE

MSE 色度计将高速测量与高精度测量完美结合。这款产品



产品在软件和硬件上均颇具实用性和可靠性。内部的高精度机械快门, 使得色度计在校准时更加简易高效。

产品特点

- 根据人眼响应 (CIE1931) 的绝对测量;

- 低亮度和色度测量;
- 颜色数据库支持多种色度测量标准 (XYZ、Yxy、Yuv、CIE Lab、YUV、LCH 等);
- 高速色度测量 (在亮度为 200Cd/m² 时测量速度为 200 次 / 秒);
- Y 轴高速亮度测量 (22.000 次 / 秒);
- 适合在线应用, 拥有内 / 外触发工作模式;
- 为暗光谱校准设定的机械快门;

- USB 和 RS232 接口。

应用领域

- 闪烁测量;
- 白点调整;
- LCD/LED/ 等离子屏幕色度和亮度测量;
- 响应时间测量;
- Gamma 测量;
- 串扰测量。

Admesy, www.admesy.nl

a A&P INSTRUMENT®
科艺仪器

为您提供激光、光学及运动控制产品及系统的整体解决方案

30^a

Patara™ 系列高功率 DPSS 激光器

主要特点

- 100W @ 532nm
- 400W @ 1064nm
- 90% 近圆形光束
- Q 开关
- 极好的光束指向性和脉冲稳定性



Patara™ 系列 DPSS 激光器

主要特点

- 20W @ 532nm
- 20W @ 1064nm
- 90% 近圆形光束
- TEM₀₀ 模式
- Q 开关



NORTHROP GRUMMAN

SYNRAD CO₂ 激光器

firestar v-series



30W

48-series



10W

firestar f-series



200W



新
P100

firestar ti-series



60W-80W-100W

SYNRAD



新
VI30

高速光学扫描振镜 / 扫描头 / 三轴高功率扫描振镜 / 模拟和数字伺服驱动电路板



Cambridge Technology



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



directphotonics

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售后服务, 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

FT Cole-Parmer

PAKCO

FISBA

OPTIK

directphotonics

QIOPTRIX

YAMAKOTO

PreSens

FALAS

MATRIX

香港 HONGKONG
T: (852) 2755 6578
F: (852) 2755 4549
info@anp.com.hk

北京 BEIJING
T: (010) 6207 4835
F: (010) 6207 7434
bj@anp.com.hk

上海 SHANGHAI
T: (021) 5523 3800
F: (021) 5523 3811
sh@anp.com.hk

广州 GUANGZHOU
T: (020) 6683 0899
F: (020) 6683 0898
gz@anp.com.hk

深圳 SHENZHEN
T: (0755) 8220 2428
F: (0755) 8220 2438
sz@anp.com.hk

成都 CHENGDU
T: (028) 8521 8348
F: (028) 8524 2667
cd@anp.com.hk

武汉 WUHAN
T: (027) 8759 1299
F: (027) 8759 1239
wh@anp.com.hk

台湾 TAIWAN
T: (886) 2295 3164 6
F: (886) 2295 3986 3
tw@anp.com.hk

新加坡 SINGAPORE
T: (65) 6655 0909
M: (65) 9090 0909
sg@anp.com.hk

广告索引
Advertisers Index

www.laserfocusworld.com.cn

激光世界
LaserFocusWorld China

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	43
Aerotech Inc.		www.aerotech.com	15
Amonics Ltd.		www.amonics.com.cn	4
BWT Beijing Ltd.	北京凯普林光电科技有限公司	www.bwt-bj.com	13
Castech Inc.	福建福晶科技股份有限公司	www.castech.com	41
Changchun New Industries Optoelectronics Tech Co., Ltd.	长春新产业光电技术有限公司	www.cnilaser.com	21
DILAS Diodelaser China Co., Ltd.	南京德商帝纳斯激光有限公司	dilas.com.cn	11
Edmund Optics Singapore Pte Ltd.		www.edmundoptics.cn	33
FISBA OPTIK AG		www.fisba.com	25
IXBLUE SAS		www.ixblue.com	29
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
MWCS	数控机床与金属加工展	www.metalworkingchina.com	37
Nufern		www.nufern.com	5, 13
OVC EXPO	第12届"中国光谷"国际光电子博览会暨论坛	www.ovcexpo.com.cn	IBC
PCO AG		www.pco.de www.pco-tech.com	35
Pinnacle Scientific (China) Corporation	顶尖科仪(中国)股份有限公司	www.psci.cn	39
Suzhou Delphi Laser Co., Ltd.	苏州德龙激光股份有限公司	www.delphilaser.com	23
Shenzhen Laser Century Technologies Co., Ltd.	深圳极光世纪科技有限公司	www.lasercentury.cc	28
Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.	深圳市瑞丰恒科技发展有限公司	www.rfhlasertech.com	17
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	19
II-VI Infrared Laser (Suzhou) Co., Ltd.	贰陆红外激光 (苏州) 有限公司	www.ii-vi.com.cn	9

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)
hatterya@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





**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

2015年11月12-14日 November 12-14th 2015 | 武汉国际博览中心 Wuhan International Expo Center

中国最大光电子产业基地的国际盛会

50000 平方米展出面积 **420** 家参展商 **21493** 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

展会亮点:

全球合作: 德国展览委员会推荐展会; 美国光学协会、日本光学协会等顶尖机构战略合作伙伴。

深耕买家: 外地专业观众和买家可享受采购现金奖励、星级酒店住宿和交通补贴等全方位服务。

展品范围:



激光、光学



光通信



3D 打印



光电工业
自动化



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

地址: 湖北省武汉市武昌区中南路99号保利广场35层

电话: +86-27-87115260

传真: +86-27-87115261

邮箱: ovcexpo@ovcexpo.com.cn



了解更多详情, 请登陆 [http:// www.ovcexpo.com.cn/](http://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!





激光世界

LaserFocusWorld[®] China

电子书(eMagazine)

laserfocusworld.com.cn



[直接连结
广告商网站](#)

[一点即开
想看的文章](#)

[推荐朋友下载
免费的电子书](#)

[申请成为免费印刷
版或电子书的读者](#)

[上页、下页，
放大/缩小文章](#)

激光世界
LaserFocusWorld China

讨论区
BBS

广告索引
Ad Index

目录
Content
P.19-31 P.33-37

推荐朋友
Refer a friend

免费赠阅
Subscribe

ACT

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3/4月 第2期

ISSN: 1617-6917

可见光消除分子

