



光 学 和 光 电 子 产 业 的 主 导 刊 物

# 激光世界

## LaserFocusWorld<sup>®</sup> China

[www.laserfocusworld.com.cn](http://www.laserfocusworld.com.cn)

2012年3月 第2期

ISSN: 1817-6917

光纤激光器技术的  
发展更加多样化 11

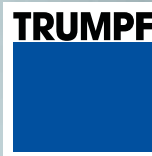
### 机器视觉

混合光学元件为视觉系统设计带来益处 24

智能相机打破常规生产局限 27

高光谱成像视觉系统助力光谱特性分析 33





# 成功源于选择 通快激光

慕尼黑上海光博会  
LASER World of PHOTONICS CHINA  
2012年3月20-22日  
上海新国际博览中心W1, W2馆  
欢迎光临我们的展位: W2-2102



## 适用于每个应用需求的激光解决方案

如果您需要CO2和固体激光器加工技术 - 通快可以提供  
如果您需要最具安装经验的优质服务 - 通快可以提供  
如果您需要完善加工过程的应用技能 - 通快可以提供  
如果您需要选择未来的发展蓝图 - 通快可以提供

通快(中国)有限公司

上海市淮海中路381号中环广场6楼 200020  
+86 21 61719000 info@cn.trumpf.com

[www.cn.trumpf.com](http://www.cn.trumpf.com)



精于节能 尽心环保

应对时代的变迁, 满足更高的要求  
体现三菱正真的价值!



Partner for advancing manufacturers  
**MITSUBISHI**

<http://www.meach.cn>

## 二氧化碳二维激光加工机

三菱电机集合尖端的加工技术, 秉承一贯的“节能减排”的设计理念, 为满足客户对激光加工机高速高稳定性的要求, 真正体现三菱的价值。三菱电机隆重推出了搭载4.5KW发振器的最新型激光加工机eX系列。



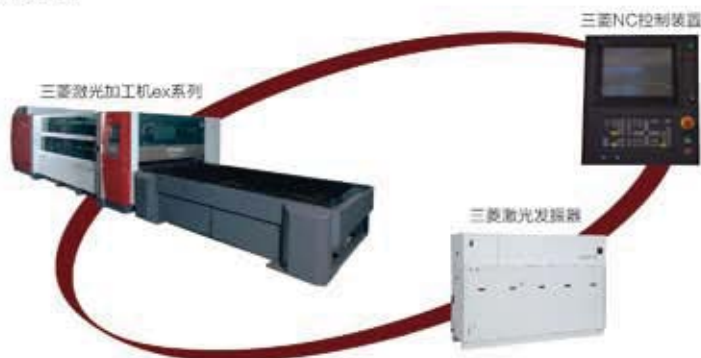
高稳定, 高性能, 高安全型激光加工机, 生产效率最大提高1.4倍。



操作简单, 初学者也能轻松胜任, 两步骤即可实现简单操作。



最大限度的降低运行成本, 注重环保与生态。待机状态最多削减90%的运行成本。



**三菱电机**  
MITSUBISHI ELECTRIC

Changes for the Better

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

可编程控制器 人机界面 交流伺服 变频器 机器人 配电控制产品 数控装置 放电加工机 激光加工机 工业计算机

# 为您的光学系统 提供 成功解决方案



The Right Filter.  
Right Now

**Semrock** A Unit of IDEX

与滤光片一同带给您  
我们丰富的专业经验

请联系我们的本地支持

**DynaSense**

www.semrock.com

+1 585-594-7050

生命科学、激光及光学系统的滤光片标准

激光世界  
LaserFocusWorld China  
2012 年 3 月 第 2 期  
www.laserfocusworld.com.cn

# 目录

## 技术中心

- 11 光纤激光器：光纤激光器技术的发展更加多样化
- 14 超快激光器：采用体全息光栅实现自由空间啁啾脉冲放大
- 17 太赫兹仪器：太赫兹技术用于研究分子特征

## 光子学前沿

- 20 光学相干层析：光学相干层析技术的发展及其应用

## 机器视觉

- 24 光学成像元件：混合光学元件为视觉系统设计带来益处
- 27 智能相机：智能相机打破常规生产局限
- 31 LED 照明：LED 照明满足纸病检测应用需求
- 33 高光谱成像：高光谱成像视觉系统助力光谱特性分析
- 37 技术趋势：智能相机测量塑料与玻璃品制造过程中的应力

## 应用天地

- 38 中红外传感：分布反馈式激光二极管将碳氢化合物传感扩展至 3μm 以外
- 42 光伏应用：激光技术令光伏行业受益匪浅
- 45 光子学应用：光子学助力司法鉴定 犯罪无处匿藏

## 8 新闻简讯

## 49 新品展示

## 52 广告索引

### 关于《激光世界》

《激光世界》(Laser Focus World China) 创刊于 2005 年, 双月刊, 是美国光电行业权威杂志《Laser Focus World》(LFW) 的中文版, 秉承了 LFW 的高质量并为中国读者量身定做。《激光世界》从 LFW 中精选了目前行业中的热点内容进行翻译, 同时也接受来自国内的投稿。主要栏目涉及研发简讯、产业新闻、深度技术报道、业界访谈、新品展示等。《激光世界》免费向专业人士赠阅, 目前发行量为 8031 份。

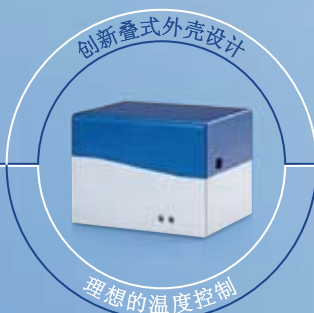
请查询本刊专业网站: www.laserfocusworld.com.cn。



新 两轴激光扫描振镜

# 专为高端应用的创新设计

## SUPERSCAN II



- 模块化的紧凑设计可选择水冷功能
- 自动校准漂移补偿功能
- 最大激光承受功率可达5KW

Visit us at the  
**Laser China 2012**  
Shanghai, March 20 – 22, Hall W1, Booth 1600

恭候光临  
慕尼黑上海激光, 光电展  
上海, 2012年3月20–22日  
W1展馆 1600 展台

RAYLASE AG  
Argelsrieder Feld 2–4  
82234 Wessling  
Germany  
电话: +49-(0)8153-8898-0  
传真: +49-(0)8153-8898-10  
电子邮件: info@raylase.com  
www.raylase.com

瑞镭激光技术(深圳)有限公司  
深圳市龙岗区横岗镇228工业区  
前程路6号5楼  
邮编: 518115  
电话: +86-(0)755-8222 8324  
传真: +86-(0)755-8222 8193  
电子邮件: info@raylase.cn  
www.raylase.cn

**RAYLASE**  
focus on laser





BORDEAUX  
Route des Lasers  
THE PLACE TO BE

The photonics competitiveness cluster in Aquitaine - France

波尔多  
激光之路  
康庄大道

法国阿基坦光子科技园

Bordeaux  
Aquitaine region  
Southwest France

Route des Lasers  
Competitiveness cluster,  
the best place to find:

- Innovative companies in photonic technologies
- One of Europe's highest concentrations of scientific expertise in photonics
- Technological development tools and training
- Commercial real estate specifically targeting the sector
- The Laser Megajoule, a scientific flagship for global visibility

最理想的激光创新科技园  
法国激光之路拥有：

- 先进光子学技术的创新企业
- 欧洲最集中的最一流的光电专业团队
- 最先进的光电研发技术和培训机构
- 定位在激光和光电技术领域的专业地产中心
- 全球知名的学术研究中心：法国原子能总署旗下的Laser Megajoule

www.routedeslasers.com  
alpha@2adi.aquitaine.fr



# CONTENTS

激光世界  
LaserFocusWorld China  
Mar 2012 Issue 2  
www.laserfocusworld.com.cn

## Technologies Center

- 11 Fiber Lasers:** Fiber-laser technology grows more diverse
- 14 Ultrafast Lasers:** Free-space CPA approach uses volume holographic gratings
- 17 Terahertz Instrumentation:** Terahertz technology enables systems for molecular characterization

## Photonic Frontiers

- 20 Optical Coherent Tomography:** Complementary techniques enhance the power of OCT

## Machine Vision

- 24 Imaging Optics:** Hybrid optical components deliver benefits for system design
- 27 Smart Cameras:** Smart cameras think outside the box
- 31 LEDs Illumination:** LEDs line up to illuminate web inspections
- 33 Hyperspectral Imaging:** System spies spectral signatures
- 37 Smart Cameras:** Smart camera measures stress in plastics and glass

## Applications

- 38 MID-IR Sensing:** DFB laser diodes expand hydrocarbon sensing beyond 3  $\mu\text{m}$
- 42 Photovoltaic Application:** Photovoltaic industry benefits from laser technologies
- 45 Photonics Applied:** When photonics meets forensics, crime really doesn't pay

## 8 News Breaks

## 49 New Products

## 52 Ad Index

### About Laser Focus World China

Launched in 2005, Laser Focus World China (LFWC) Bimonthly is the Chinese version of the world famous Laser Focus World magazine, which circulating controlled-free to average of 8,031 professionals in the laser and optoelectronic industry. Providing in-depth, timely information on current developments within the global laser and optoelectronic industry for our readers in China, LFWC selects some hot topics from LFW and also covers the R&D and market information from China market. Please visit our relevant website, www.laserfocusworld.com.cn.

Laser Focus World China, ISSN 1817-6917 is published bi-monthly by ACT International, Unit 1011, 10/F., New Kowloon Plaza, 38 Tai Kok Tsui Road, 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.



我们设计.

我们生产.

我们交付.

我们拥有**26,250**多种  
现货光学产品供您选择！

慕尼黑中国激光光电展  
中国 上海新国际博览中心  
W1 馆 Booth 1140  
2012年3月20-22日



马上索取产品目录吧

电话: +86 (0755) 2967 5435

电邮: [chinasales@edmundoptics.cn](mailto:chinasales@edmundoptics.cn)

**需要批量价格?**

请联系我们的销售部门,  
您可得到一本**免费**产品目录!

**EO** Edmund  
optics | china





## || 编者的话 Editor's Notes

## 机器视觉踏着春天的脚步走来

机器视觉系统能快速获取大量信息，且易于自动处理，进而提高产品质量，加快生产速度和效率，同时还能大幅降低生产成本，提升企业竞争力。因此，在现代自动化生产过程中，机器视觉系统已不可或缺。随着全球制造业向东转移，整个亚洲特别是中国，已经成为世界的一个重要制造中心。中国机器视觉市场也成为了新的关注焦点。

相比于欧美等发达市场，机器视觉在中国的起步较晚，大约只有 10 来年的时间。但是随着制造业在中国的发展壮大，中国市场对机器视觉系统的需求不断增多。特别是在经历了经济低迷之后，中国机器视觉市场在最近两年取得了令人可喜的大幅增长，并且未来前景看好。无疑，中国已成为机器视觉的一个潜在的巨大市场。

市场需求推动技术的发展，机器视觉领域也不例外。随着半导体和微电子制造等领域对制造精度和产品质量的要求越来越高，所有这些正在促使机器视觉系统中的诸如照明光源、成像镜头、相机以及图像处理软件等各个组成部分都在不断向前发展。

本期的机器视觉专栏中，读者将了解到光学成像元件、智能相机、LED 照明等方面的发展。

智能相机在机器视觉系统中扮演着重要角色。具有嵌入式处理能力的智能相机正在改变视觉检测的前景，打破常规的生产局限。而且，智能相机制造商正在不断完善其配套的图像处理工具的易用性，以便于没有经验的用户也能开发图像处理系统。智能

相机在硬件和软件方面带来的“突破性”解决方案，为那些具有较少编程技巧、且希望降低成本的视觉系统开发者带来了福音。另外，基于高光谱相机的机器视觉系统，能实时地为密集型分析应用重构图像，这将为生物医学图像分析、碳氢气体分析以及军事成像等应用提供强有力的分析工具。

照明也在机器视觉应用中发挥着重要作用。基于 LED 的高性能线性照明光源，不但能提供均匀照明，而且寿命长，其正在取代传统的照明光源成为在线检测应用的牢固可靠的光源选择。

机器视觉系统的发展也推动了光学成像元件的创新。目前已有厂商提供新型混合光学元件，其不但具有卓越的光学性能，而且还能取代过去的多元件设计从而减小系统尺寸。这将为机器视觉系统向更高端发展推波助澜。

此外，在今年三月的慕尼黑上海光博会期间，机器视觉展区将展示涵盖智能相机、板卡、软件包、光源、配件、工业镜头、辅助产品、图像处理系统、机器视觉集成等整个机器视觉系统产业链中的所有产品。届时，德商兆镁新、Futech、大恒图像、凌云光子、微视凌志等公司都将携最新技术与产品登场。展会同期举办为期两天的机器视觉技术及工业应用研讨会。这将是了解机器视觉技术最新发展及其应用的绝好机会。

春天的脚步款款而至，期待机器视觉将在中国市场迎来新的春天。□

本刊编辑部





# InSight™ 实现更深度 多光子成像



- 最宽广的调节范围：680~1,300nm用于更深度成像
- 短脉冲宽度和高峰值功率实现荧光最大化
- 集成的DeepSee™保证到达样品脉冲宽度最短
- 专为多光子成像优化的理想的光束特性
- 全自动一键式操作系统

Spectra-Physics 新推出的 InSight™DeepSee™ 是一个全新的超快激光系统，其能实现更深的多光子成像。该先进的 InSight DeepSee 新平台基于 Spectra-Physics 专有的 DeepSee 技术，突破了以往多光子成像的屏障，进一步拓展了深度组织成像及多光子成像研究的可能性。

InSight DeepSee 系统的波长调节范围几乎是其他超快激光器的两倍，并能提供长波红外光用于深度活体成像。该系统的短脉宽和高峰值功率能实现更高亮度的成像。此外，该系统牢固的全自动化设计，使其非常易于使用，且无需手工操作，从而能让用户将精力集中到他们的研究项目上。现在就获得 InSight 来实现更深度的成像吧！

更多信息敬请访问 [www.newport.com/insight-5](http://www.newport.com/insight-5) 或致电 +86-10-62670065，或电邮 [sales.cn@newport.com](mailto:sales.cn@newport.com)



 Spectra-Physics®  
A Newport Corporation Brand

©2011 Newport Corporation



# 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  
中文版主编 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@effhecht.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  
© 2012 版权所有 翻印必究

## 新闻简讯 News Breaks

### 通快看好中国市场 加速布局

德国通快公司正在加速布局中国市场，不仅计划将原有太仓生产空间扩大近一倍，更在寻求并购相关企业进行合作。

通快在中国生产不是因为成本低，也不是为了向欧洲出口，而是看重中国市场。在中国，环保、汽车、医疗保障等领域都对通快的产品有很

大的需求。

2011 年德国通快在中国的业务成长了 100%，营业额达到 15 亿元人民币。中国成为其仅次于德国和美国的第三大市场，同时也是增长最快的市场。2012 年，通快在中国市场的投资增速将超过 10%，并且在亚洲的采购量将提高两倍以上。

### 国科激光荣获国家科学技术进步二等奖

2012 年 2 月 14 日，国家科学技术奖励大会在北京人民大会堂举行，国家主席胡锦涛以及全体政治局常委出席大会并为获奖科学家和企业代表颁奖。国科激光与中国科学院光电研究院、北京大学联合申报的“50W 级全固态激光器及其核心部件产业化关键技术”项目荣获国家科学技术进步奖二等奖，国科激光总经理樊仲维代表公司出席了此次大会并接受颁奖。

国科激光经过多年不懈努力，自

主创新突破 50W 级全固态激光器及其核心器件的产业化关键技术，形成了自主知识产权体系，建立了生产组装线，实现了红

外激光器、绿光激光器等 4 种工业用全固态激光器的产业化，占据了国内一定的市场份额，实现了部分替代进口，大大提高了国内企业的市场竞争力，促进了我国激光应用领域的发展。



### 武汉锐科与金运激光签署战略合作协议

武汉锐科与武汉金运激光正式签署战略合作协议，金运激光出资与武汉锐科共同研制开发一款中功率光纤激光器，专门与金运激光的激光加工设备配套。该协议的签订为双方今后长期合作、进一步开拓光纤激光器在金运激光所涉及的领域和关联产品市场有着积极意义。

金运激光致力于为全球用户提供中小功率激光加工解决方案，特别是在纺织服装激光应用领域。武汉锐科是国内首家自主研发生产和销售光纤激光器的高科技企业公司，打破了国外少数厂商的技术封锁和价格垄断，打造了“中国人自己的光纤激光器”。

### 科威晶研制成功10kW轴快流CO<sub>2</sub>激光器

武汉科威晶激光技术有限公司成功研制出 10kW 轴快流 CO<sub>2</sub> 激光器，并将于今年上半年实现量产。这是目前为止我国功率最大的激光器，仅次于德国产品居全球第二位。

此前，激光最多只能切割 25mm 厚的钢板，超出此厚度的钢板只能

用更昂贵的等离子仪器切割。现在，科威晶新研制的这台激光器可切割 30mm 厚的钢板，切开时间仅为 30s。目前科威晶已成为国内能够生产 3.5kW 及以上高功率轴快流 CO<sub>2</sub> 激光器的最大企业。



II-VI TRADING (SUZHOU) CO., LTD.

CO<sub>2</sub> 激光镜片

中国唯一授权  
销售子公司

贰陆进出口（苏州）有限公司

(86) 512 6761 9295 (phone) • (86) 512 6767 1207 (fax) • infosz@ii-vi.com.cn • www.ii-vi.com.cn

II-VI





## 新闻简讯 News Breaks

## 西光所发明“多路组束光纤激光器”并获专利

在开发高功率光纤激光器方面,由于受到高功率激光对光纤热损伤问题的限制,发展多路光束的组束技术是实现更高功率光纤激光器的必由之路。

西安光机所发明的“多路组束光纤激光器”是一种使用多路组束技术实现高功率输出的多路组束光纤激光器。该发明可实现多对光纤激光的组束,使得多对光纤激光组束成为峰值位于中心传输轴上的一束光,实现大功率激光输出。该发明包括光纤激光器、棱镜、耦合镜、准直缩束系统。

“多路组束光纤激光器”具有结构简单、散热性好、转换效率高、性能稳定、光束质量高等优点。目前该发明已获国家发明专利。

## 我国大功率半导体激光器关键技术获突破

由中国科学院长春光机所研究员王立军带领的课题组攻克了大功率半导体激光器关键核心技术,成功开发出千瓦量级、高光束质量、小型化的各种半导体激光光源,并将成为工业激光加工领域的新一代换代产品。

王立军团队历经数年努力,通过激光光束整形、激光合束等关键技术,实现了高光束质量半导体激光大功率输出。

目前,该项研究已荣获2011年度国家技术发明奖二等奖。项目组已经开始与一汽集团和北车集团接洽,尝试将这项技术应用于汽车制造等领域。

## 拉曼光谱扫描仪检测液体爆炸物

英国 Cobalt Light Systems 公司表示正在加紧开发其 Insight100 扫描器,该产品主要面向机场安检应用,用于检测液体爆炸物。

Insight100 扫描器采用空间偏移拉曼光谱(SORS)技术,该技术率先由英国科学家 Pavel Matousek 发明。SORS 基于传统的拉曼光谱技术,在传统的拉曼光谱技术中,当光在分子上发生反射时会产生拉曼效应,并且光的颜色发生了细微的变化,这种变化使化学试剂具有了独特的指纹特征。目前 SORS 系统正在欧洲几个主要机场进行测试。

未来,如果机场安检设施中部署这种 SORS 扫描仪,乘客就可以放心携带容量超过 100 毫升的液态物品带乘飞机了。

## 西光所推出三维光纤激光加工系统

近日,西安光机所成功演示了三维光纤激光加工系统,并获得在场专家的一致好评。

该系统

所使用的 500W 光纤激光器是由中科院西安光机所新孵化企业西安中科梅曼激光科技有限公司研制。该企业致力于高功率光纤激光器的研发、生产和销售,并可为光纤激光加工系统提供全套的解决方案。现已具备 200 ~ 1000W 光纤激光器的生产能力,所推出的光纤激光器在切割速度、切割质量等方面与国外同类产品相比具有较强的竞争优势。



## 鞍山拟建激光技术产业基地

近日,鞍山市市长王世伟与华中科技大学国家工程研究中心主任朱晓、就推进武汉企业与鞍山本地企业项目对接等相关事宜进行洽谈。

鞍山资源丰富,钢铁产业、菱镁产业正在做大做强,装备制造业、轻工纺织产业等传统产业经过不断提升日臻完善,发展迅猛。鞍山高度重视激光技术等高新技术产业发展,希望双方以此次合作为契机,建成鞍山的激光技术产业基地,推动鞍山及辽宁地区激光产业蓬勃发展。

## 北大与南京共建光电技术创新中心

南京经济技术开发区近日与北京大学工学院签署了合作备忘录,双方将合作共建“北大工学院(南京)光电技术创新中心暨研究所”。

据介绍,该创新中心将实行市场化运作,主要引进光电及其他领域高科技专案进行研究与孵化,引导孵化成功的项目在开发区产业化并对其进行投资。中心初期主要面向光纤器件、光电材料、固态半导体照明、光电相关仪器与装备、新能源装备等产业进行项目孵化和技术创新,并将尽快引入光控薄膜、磁片检测仪、微型光纤雷射器等专案进行孵化和产业化。





## 光纤激光器

# 光纤激光器技术的发展更加多样化

光纤激光器凭借着寿命长、复杂度低、运行成本低以及维护需求少等诸多优点，已经用于各种基于光纤的产品中，其功率水平已经能够满足之前由CO<sub>2</sub>激光器服务的应用需求。

Tony Hoult, IPG Photonics公司

1961年, Elias Snitzer 最先发明了光纤激光器。1962年, 来自 GE 和 IBM 的两个美国小组率先展示了从半导体二极管（最早的二极管激光器）中获得相干光发射。自此之后，光纤激光器的功率水平不断提升，并且能够与更早期出现的、成熟的 CO<sub>2</sub> 激光器的功率水平相媲美。在 50kW 的平均功率水平下，CO<sub>2</sub> 激光器和光纤激光器的技术差异形成了鲜明的对比：一台 50kW 的 CO<sub>2</sub> 激光器要占据一间小房子，而一台 50kW 的光纤激光器占据的空间与一台大冷冻柜差不多。

光纤激光器还有其他诸多优点，如易于使用、结构简单、几乎无需维护、转换效率高以及较低的运行成本等，已经赢得了用户的广泛认可。尽管如此，光纤激光器仍然难以取代传统的 CO<sub>2</sub> 技术，因为一些用户更喜欢使用熟悉的产品和技术，并更乐于维持与现有激光器供应商之间已经建立起的伙伴关系。

## 光纤激光器的结构

光纤激光器中包含一系列拼接在一起的光纤组件，以保证光束射出光纤聚焦到工件上之前，始终不离开光缆。当这种工程方法与单发射体泵浦二极管联合使用时，便

实现了最坚固、工作寿命最长的激光工具。单发射器体泵浦二极管的平均无故障时间 (MTBF) 为 30 万小时。尽管这个数字基于可靠的统计数据，但是对一些激光器用户来说还是高得难以置信。用户对这些典型的使用寿命数据之所以缺乏可信度，可能部分归因于用二极管巴条或二极管堆叠做泵浦源所遇到的一些寿命问题。在光纤激光器问世之前，许多二极管巴条、尤其是二极管堆叠泵浦的固态 (DPSS) 激光器的可靠性相当差。

光纤激光器技术一度面临诸多挑战：对背向反射的敏感性、随时间推移出现的难以解释的光暗化或光纤性能降低效应、以及最近在切割厚度大于 15mm 的材料时，所有红外固体激光器（碟片激光器和光纤激光器）与 CO<sub>2</sub> 激光器的差异。现在所有这些问题都已经得到解决。

## 低功率光纤激光器的进展

得益于高功率和低功率光纤激光器产品的共同发展，光纤激光器的销售已经获得了一定的规模效应。在低功率产品领域，低功率光纤激光器的销售已经导致灯泵浦激光打标机的销售黯然失色。目前已经有数万台低功率产品销往市场，并且几乎每家打标系统制造商的产品线中，都有基于光纤激光器的打标产品。

基于对光纤激光器技术的深入理解，光纤激光器覆盖整个激光功率范围已经成为必然，因为目前已经能够对光纤激光器系统中每个基于光纤的组件规格进行严格控制。这引发了光纤组件大型“工具箱”的建设，这些组件可以相互混合、匹配，从而制造出更广泛的光纤激光器产品。目前超短脉冲激光器领域正在生产和使用的光纤激光器组件的范围，也很好说明了这一点。

在低平均功率应用中，这种可扩展的模块化技

表1: 透明聚合物在1940nm处对光的吸收率

| 材料                | 厚度 (mm) | 吸收率 (%) |
|-------------------|---------|---------|
| 聚甲基丙烯酸甲酯(丙烯酸)     | 3.2     | 50-55   |
| 聚甲基丙烯酸甲酯Evonik 8N | 8       | 85      |
| 聚碳酸酯, 模克隆         | 3       | 10-12   |
| 聚碳酸酯, 模克隆         | 5.8     | 44-50   |
| 聚丙烯               | 1.2     | 31      |
| 共聚酯               | 3.2     | 44-50   |





图1: 准连续高脉冲能量光纤激光器, 支持高脉冲能量、低占空比的激光加工。

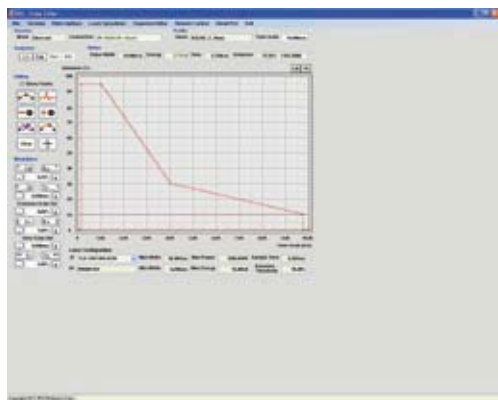


图2: 脉冲信号发生器 (PSG) 产生的Eglise脉冲形状。

术将走向何方? 答案是许多不同的方向。下面将介绍几种低功率产品的应用方向。

### 纳秒至微秒级脉冲光纤激光器

直到最近, 标准纳秒激光打标模块才满足了大多数普通激光打标应用的要求。这些激光器的功率水平可高达 50W, 并且亮度没有降低。

表 1 给出了透明聚合物在 1940nm 处对光的吸收。为了保持表 1 中所给出的高烧蚀效率, 需要将高平均功率和高亮度结合起来。事实上, 这种激光器能提供高达 500W 的平均功率, 并且脉冲能量高达 50mJ。这种激光器的一些令人兴奋的新应用包括各种薄膜和涂层的

高速去除。

功率水平为 20W、脉宽短至 4ns 的可变脉宽光纤主振荡功率放大 (MOPA) 系统, 已经在市场上存在多年。直到最近, 随着用户对先进的激光打标技术更加熟悉, 人们才认识到这种产品更广的用途。其中一个例子是使用低功率纳秒激光器在聚碳酸酯中产生几乎完全亚表面的黑色标记; 这适用于那些要求表面破坏程度最小的应用。这种加工的另外一种有趣的发展是: 使用这种标记作为后续的聚合物焊接加工中的吸收体, 该加工使用相同的纳秒红外激光器。

针对金属加工应用, 另外一个例子是被称为“深色打标”的技术。在医疗器械制造领域, 该技术常用于在不锈钢上打出高对比度、不可去除的耐腐蚀性标记。人们通常将其称为“退火打标”, 当然这在技术上是一种不正确的术语。在这种应用中, 低功率激光器技术在高重复频率下使用, 以确保在各种不锈钢表面上的高度点重叠, 以及连贯的局部加热, 从而产生具有高对比度的平滑、无裂纹和耐腐蚀的标识。由于这种打

标方法不会损坏加工表面, 因此被广泛用于外科器械的标识。

虽然普遍认为更短的脉冲长度或脉宽在任何情况下都是首选, 然而脉冲长度只是这些加工中所涉及的几个重要参数之一, 此外还需要考虑脉冲能量、能量密度或峰值功率密度, 因此亮度也是重要指标。目前已经有  $M^2$  低至 1.2 (有些人可能称之为单模)、脉冲长度低至 1ns、峰值功率高达 40kW 的光纤激光器产品推出, 未来皮秒级产品也将面世。

### 微秒到毫秒级高脉冲能量光纤激光器

最近的另一项进展是准连续波 (QCW) 光纤激光器。这是光纤激光器概念的另一次延伸, 使其进入了灯泵浦激光器技术的一个最后的堡垒——高脉冲能量、低占空比的激光加工。在这种应用中, 极具成本效益的泵浦二极管的制造、对非线性阈值的理解、以及精心的设计, 使得光纤激光器更具灵活性, 最大脉冲能量达 60J。150W 的最低功率级光纤激光器, 具有 15J 的脉冲能量, 重复频率为 10Hz, 10ms 的脉冲长度与灯泵浦激光器相同 (见图 1)。

单模光纤中真的能产生 60J 的脉

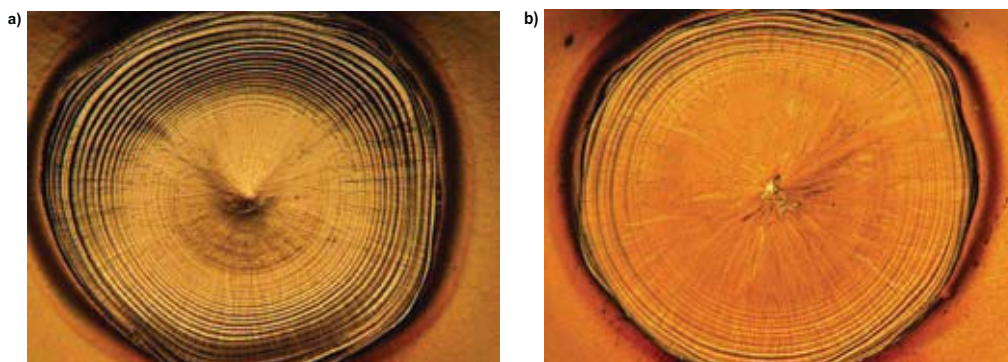


图3: a) 标准的10ms方脉冲和b) 带8ms下降沿的10ms Eglise脉冲的效果。b) 中同心波纹减少, 以及在单焊点中心减少了管道效应, 表明在金属凝固过程中存在更大的阻尼。

下转第19页





# 垂手可得的优异性能, 全自动操作带来的可靠表现

## Vitara — 新一代超快振荡器



### Vitara的优势

- 全自动控制, 性能可靠
- 支持脉冲输出 < 12 fs
- 带宽可调 (< 30 - 125 nm)
- 中心波长调谐范围: > 110 nm
- 可扩展附件包括
  - 载波包络位相(CEP)稳定
  - 重复频率同步装置

为您在时间分辨领域的研究带来前所未有的优势—集极致灵活性、超凡性能、以及全自动操作于一身的新一代超快激光器。

在飞秒科学研究领域中, 新型 Vitara 钛宝石超快激光器想您所想, 提供了您所需要的任何特性。

作为复杂钛宝石飞秒放大器的种子源、产生宽带的THz脉冲、进行OCT或者MPE成像、以及测试固体材料的瞬态过程……这些应用Vitara都能够为您轻松实现。

欲了解更多关于Vitara信息, 请致电相干公司400 610 0209或请访问我们的网站[www.coherent.com.cn](http://www.coherent.com.cn)。

优异超快每一天。



相干(北京)商业有限公司  
地址: 北京市海淀区北四环西路9号  
银谷大厦215室  
邮编: 100190  
电话: 010-8215 3600  
传真: 010-6280 0129  
销售咨询: [sales.china@coherent.com](mailto:sales.china@coherent.com)

相干(北京)商业有限公司上海办事处  
地址: 上海市浦东新区张衡路1000弄  
张江润和国际总部园25-26号  
邮编: 201203  
电话: 021-6035 6200  
传真: 021-6448 5639  
产品报修: [service.china@coherent.com](mailto:service.china@coherent.com)

Superior Reliability & Performance

LASER  
World of PHOTONICS CHINA  
慕尼黑上海激光、光电展

2012年3月20-22日 上海新国际博览中心  
欢迎光临我们的展位: W2馆2400号





## 超快激光器

# 采用体全息光栅实现自由空间啁啾脉冲放大

啁啾体全息光栅 (VHG) 提供的高损伤阈值和超紧凑结构, 能使啁啾脉冲放大 (CPA) 激光系统的性能显著提升, 从而获得高峰值功率和超快激光脉冲。

James Carriere, Frank Havermeyer, Ondax公司

在过去的二十年间, 高功率超快激光器已发展成为实现工业、科学和生物医学领域中诸多应用的一种关键技术。用衍射光栅或光纤布拉格光栅 (FBG) 生产高峰值功率的典型方法, 或者体积庞大, 或者在功率处理能力方面受限。

在皮秒或飞秒脉冲中实现高功率会比较困难, 因为当聚集的高功率脉冲在放大器的增益介质内传输时, 会产生非线性效应。对于许多应用而言, 啁啾体全息光栅 (VHG) 能实现高功率处理能力和超紧凑尺寸的完美结合; 同时其还能在各种不同应用中实现新型超快激光器设计。

## 啁啾脉冲放大

啁啾脉冲放大 (CPA) 技术是 1985 年由美国罗切斯特大学的 Strickland 和 Mourou 首先提出的, 其目的是在放大过程中降低脉冲的局部强度。

实现 CPA 最常见的方法是采用衍射光栅对、FBG 或啁啾 VHG。无论哪种方法, 低能量种子脉冲都被展宽到几百皮秒, 大大降低放大过程中脉冲的功率密度, 以便获得更高的总脉冲能量。然后, 被展宽的脉冲再次

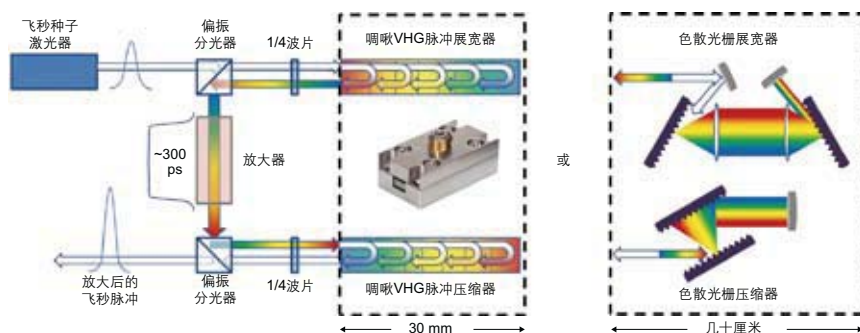


图1: 使用VHG或色散光栅作为脉冲展宽器和脉冲压缩器的典型CPA系统图。VHG系统的体积比色散光栅系统小一个数量级。等效的FBG系统的体积与VHG系统相当。FBG系统的体积主要由光纤的最小弯曲半径决定。

被压缩到其初始宽度, 此时峰值功率得到大幅增强。

典型的 CPA 系统通常使用 VHG 或色散光栅作为脉冲展宽器和脉冲压缩器 (见图 1)。对于 FBG 来讲, 写入光纤的光栅区域的长度与 VHG 的长度相当, 但是光纤的总长度通常有几米, 也就是说该系统的大小是由光纤的最小弯曲半径决定的, 因而其体积动辄就是 VHG 的几倍。

脉冲展宽器和压缩器用于脉冲带宽产生线性相位延迟。脉冲展宽器将脉宽大约展宽到了 300ps, 以便于进行更有效地放大。

脉冲展宽器和压缩器的相位延迟提供相反的信号, 因此短波长在一个光栅 (正常色散引起正啁啾) 中延迟, 而长波长在另一个光栅 (反常色散引

起负啁啾) 中延迟。通过匹配脉冲展宽器和压缩器的色散, 被放大的脉冲不但与种子脉冲具有相同的光谱特性和时间特性, 而且还具有更高的功率。

## CPA技术比较

在实现超快激光器的 CPA 配置中, 衍射光栅、FBG 和 VHG 可谓各有千秋。

衍射光栅能够承受非常高的脉冲能量, 因为它们为自由空间元件, 光可以在较大面积上分布。但是与 FBG 和 VHG 相比, 衍射光栅的体积较大 (通常为几十厘米)。此外, 光在典型的由普通衍射光栅形成的展宽器、压缩器系统中经过四次反射后, 脉冲能量通常会损失 50% 之多。为了减少能量损耗, 必须采用电子束刻



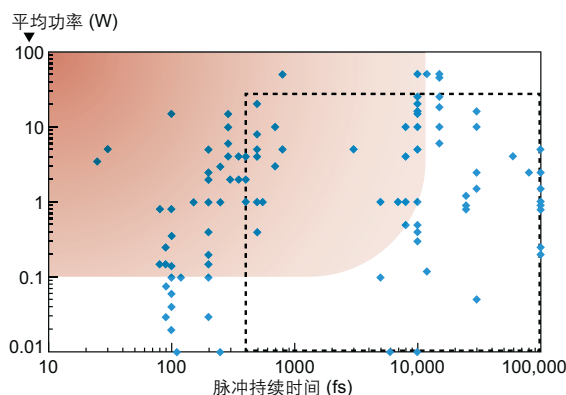


图2: 目前很多超快激光器使用CPA实现更高的脉冲功率。阴影区域表示CPA非常有用的区域, 因为较长的脉冲长度和较低的功率通常并不需要CPA。虚线所包围的区域表示目前基于VHG的脉冲展宽器和压缩器的运转范围。

蚀工艺制作专用的透射光栅, 但这会显著增加成本。光栅压缩器也会引入高阶相位误差, 进而影响脉冲再次压缩的质量。

FBG 的结构则更加紧凑, 但是在光纤中传输的脉冲能量却受限, 以免导致过高的功率密度。如果脉冲能量超过约  $1\mu\text{J}$ , 自相位调制或拉曼散射等非线性效应便开始显著影响脉冲的光谱特性, 并限制它们再压缩的质量。在非常高的功率水平下, 光纤中还会出现灾难性故障。为了在光纤放大器中减少这些非线性效应, 需要将脉宽展宽到  $1\text{ns}$ 。

VHG 为自由空间元件, 其克服了其他技术所面临的一些空间和功率处理方面的限制, 但在带宽和脉冲长度方面有一定的局限性。典型 VHG 的外形尺寸为  $2 \times 5 \times 30\text{mm}^3$ , 比衍射光栅对方案更加紧凑, 并具有更高的效率 (约为 90%)。

VHG 在自由空间运转, 能比 FBG 实现更高的功率密度 (通常为几十瓦或几百毫焦)。然而, VHG 的运转范围多少要受到玻璃的物理尺寸、

以及在光栅刻录过程中可能引入的最大指数变化的限制。例如, 光栅长度决定了最大脉冲展宽长度。在单通配置中, 通常  $30\text{mm}$  长的光栅能获得大约  $300\text{ps}$  的脉宽。当然, 基于 VHG 的 CPA 系统需要的元件更少, 易于校准, 并且成本较低。

### 基于CPA的超快激光器的应用

在几乎任何材料的激光加工和冷消融应用中, 高功率超快激光器都能发挥巨大的作用。传统的毫秒到纳秒级激光器的加工原理, 主要依赖材料的局部加热、熔化和汽化, 这限制了它们在热敏材料加工中的应用。该加工过程中所产生的热应力, 也会导致工件边缘不均匀和微裂纹, 从而引入失败机制。相比之下, 超快激光器的输出脉冲持续时间足够短, 以至于传递到物料的热量最小化 (或产生一个非常小的“热影响区”), 而其峰值功率却足够高以形成多光子吸收, 实现几乎任何材料的消融。

目前超快激光器在眼科手术中最常见的应用是为激光辅助原位角膜磨

镶术 (LASIK) 创建角膜瓣, 以及在白内障手术中用于前囊膜、晶状体和角膜切口。超快激光消融有机材料的能力, 加之精密的机械加工性能, 也使医疗设备制造商创建出了高分子可吸收的心血管支架等先进的医疗产品。

超快激光器也在半导体和微电子制造领域获得了广泛使用。例如, 在薄硅晶圆的切割应用中, 超快激光器表现出了非常灵活的加工特性, 已经对传统切割机形成了巨大挑战。在平板显示器和太阳能电池板生产应用中, 超快激光器用于超薄面板和集成薄膜的加工与刻图, 同样也对传统方法形成了巨大威胁。印刷电路板的激光切割和激光钻孔, 是超快激光器面临的另一个机会市场, 其将使电子设备进一步实现小型化。

除了微电子领域外, 超快激光器还在重工业领域大显身手。在汽车行业, 超快激光器用于优化燃油喷射系统; 在船舶行业, 超快激光器用于微结构制造, 帮助减少船体摩擦, 防止污垢。广泛的市场应用需求已经为超快激光器及其配套产品创造了良好的市场机会 (见图 2)。虽然目前基于 VHG 的 CPA 系统只适用于一部分应用, 但是其性能却足以满足许多重要

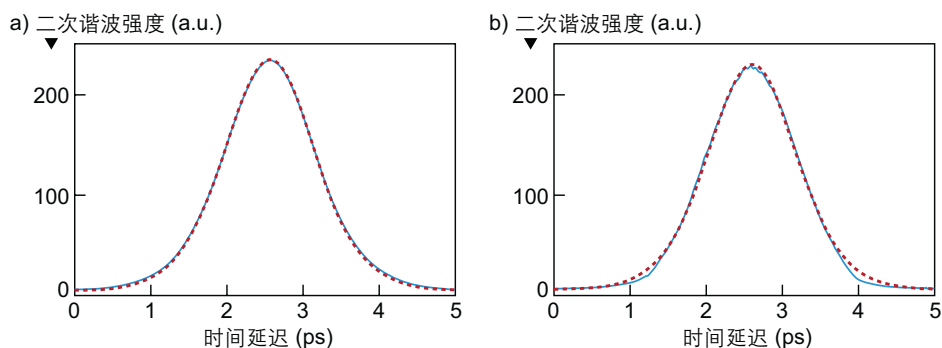


图3: 在高重复频率下用曲线拟合测量的自相关轨迹。a) 基于色散光栅的CPA系统 ( $2\text{mJ}$ 脉冲、 $2\text{kHz}$ 重复频率、 $4\text{W}$ 平均功率)。b) 基于VHG的系统, 使用Ondax公司的PicoPulse光栅作为脉冲展宽器和压缩器 ( $140\mu\text{J}$ 脉冲、 $100\text{kHz}$ 重复频率、 $14\text{W}$ 平均功率)。





## 技术中心 Technologies Center

应用的需求,这显然得益于其紧凑的外形和极高的效率。

## 啁啾VHG的性能

VHG 能显著提高 CPA 系统的平均功率,同时还能保证脉冲持续时间和模式质量。使用色散光栅 CPA 系统的亚皮秒激光器,和包括 Ondax 公司 PicoPulse 脉冲展宽器和压缩器光栅的 VHG 系统的性能比较显示:再次压缩后,二者几乎具有相同的近变换极限脉冲(见图 3)。

色散光栅系统的重复频率为 2kHz,脉冲能量 2mJ(平均功率 4W),压缩后获得了 910fs 的脉冲长

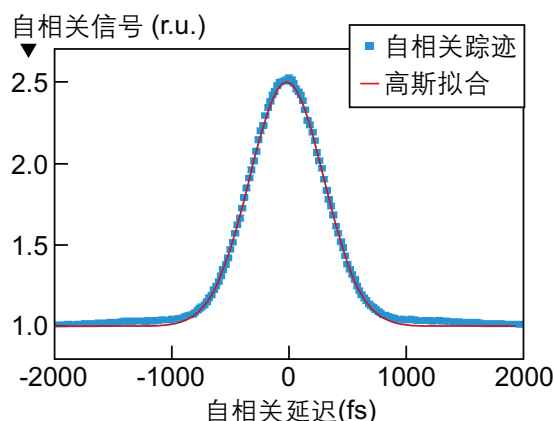


图4: 用双光子吸收实现的飞秒脉冲自相关测量,近变换极限的250fs输入脉冲(1029nm、FWHM为8nm)被两个几乎相同的6nm FWHM(长方形光谱响应)、50ps/nm色散啁啾VHG展宽和压缩,最终获得了530fs的FWHM脉宽。

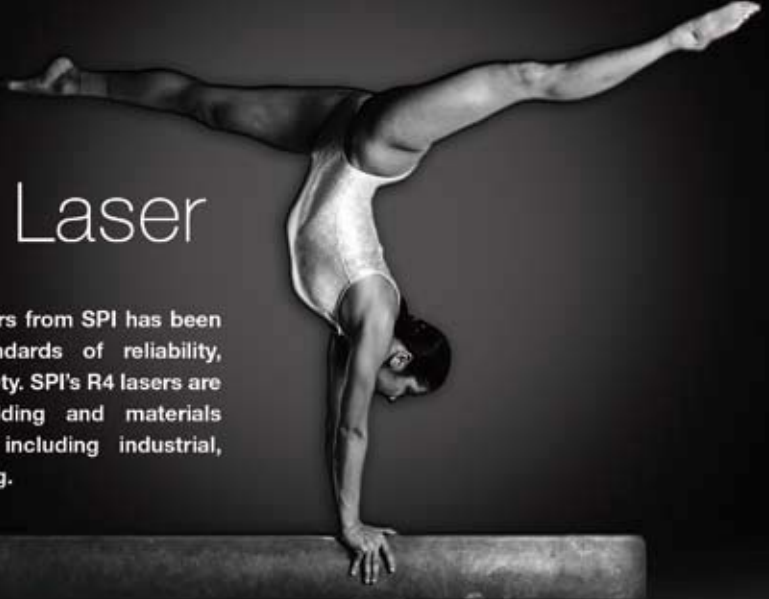
度;相比之下,VHG 系统在相对较高的功率水平(平均功率 14W)下获得了水平相当的脉冲宽度和形状。测量显示,VHG 系统的光束质量

$M^2 < 1.2$ ,这表明 VHG 元件并没有显著影响脉冲的光束质量;VHG 压缩器的效率大于 80%,比普通色散光栅系统小于 50%的效率大大提升,或者说其性能堪与电子束写入色散光栅系统相媲美。

具有 VHG 展宽器和压缩器的典型 CPA 系统,也可以获得近变换极限的性能(见图 4)。对于一个 250fs 的输入脉冲,其用两个几乎具有相同光谱特性的 VHG 展宽和压缩,输出脉冲的持续时间为 530fs,这表明 VHG 是紧凑型高功率超快激光系统(几百飞秒到皮秒级)的理想解决方案。□

**Lasers**

# Power & Control



## 500W Fiber Laser

### A Leading Edge Advantage

The **redPOWER® R4** series of fiber lasers from SPI has been designed to meet the highest standards of reliability, performance, repeatability and user safety. SPI's R4 lasers are constantly finding new cutting, welding and materials processing applications in markets including industrial, medical devices, electronics and printing.

Visit us at Laser World of Photonics China 2012 @ booth #2330.  
For access to product news or to guarantee a meeting with one of our representatives,  
go to our dedicated webpage >> [www.spilasers.com/LaserChina2012](http://www.spilasers.com/LaserChina2012)

Find out more...  






## 太赫兹仪器

# 太赫兹技术用于研究分子特征

智能太赫兹扫描反射仪及光谱仪利用太赫兹辐射能够穿透非金属物体的能力，探测分子的振动、转动以及平移运动。

Anis Rahman, Aunik K.Rahman

太赫兹辐射除了具有非电离性、可穿透非金属物体的特性外，还对分子运动（振动、转动、扭转以及平移）非常敏感，因此可以在那些具有实际意义的领域对分子事件进行高灵敏光谱探测。美国 Applied Research & Photonics (ARP) 公司利用这些特点，通过电光树状聚合物产生了宽带（约 30THz）、高功率（超过 5mW）的连续波太赫兹辐射，以制造用于研究分子特征的智能光谱仪及扫描反射仪系统。

## 电光太赫兹波产生

用于产生太赫兹波的电光 (EO) 方法优势显著，因为泵浦（太赫兹波转化）不会受到发射饱和或热耗散的限制。电光方法的主要机制包括电光整流 (EOR) 和差频产生 (DFG)。电光整流需要将超短（飞秒）激光脉冲入射到电光材料的晶格上，晶格起到整流器的作用，可以将极高频率的泵浦超短激光脉冲，转化为位于太赫兹波段的相对低频的脉冲——这就是所谓的电光整流效应。

电光整流方法通常使用 800nm 飞秒脉冲激光，当然也可以使用其他波长，如 1064nm。该方法的难点在于两个关键参数（输出功率和太赫兹范围）完全取决于飞秒激光

脉冲的特征。因此，利用该方法仅能获得低平均功率以及几太赫兹的频率（不超过 5THz），使得所产生的太赫兹波无法识别许多材料系统。

相比之下，差频太赫兹产生技术不但需要昂贵的飞秒激光器，而且还能产生连续波和脉冲太赫兹辐射，同时具有更高的输出功率和宽泛

的调谐范围。研究人员将两个单模激光二极管的输出光束聚焦到硫镓银 (AgGaS<sub>2</sub>) 晶体上的相同位置，产生了可调谐远红外辐射。<sup>[1]</sup> 早期的研究工作显示，如果采用联合功率为 5.5W ( $P_{pump}$ ) 的两个光纤耦合激光二极管泵浦，掺杂发色团以及极化的树状聚合物能够产生大约 3.4mW ( $P_{THz}$ ) 的太赫兹波输出。<sup>[2]</sup> 因此该太赫兹源的品质因数  $[P_{THz}/(P_{pump})^2]$  为  $1.124 \times 10^{-4}W^{-1}$ 。电光树状聚合物的高电光系数 (130pm/V) 是获得这一高品质因数的关键。

采用差频产生技术获得的太赫兹频率由泵浦激光频率的差决定，即  $\nu_{THz} = \nu_1 - \nu_2$ ，这意味着可以选择合适的泵浦频率以获得想要的太赫兹带宽输出。事实上，由于激光二极管通常有一定的带宽，因此  $\nu_1$  与  $\nu_2$  都不是单频激光器。这导致移动相同激光源输出的光束扫描太赫兹辐射时，会获得宽泛的频率分布。该机制是双光子激发的另一种形式。<sup>[3]</sup>

## 太赫兹扫描反射仪

在若干应用中，以无损方式测量生物或其他流体的浓度梯度十分重要，其中包括活性成分穿透人的皮肤或其他组织。但是据悉，目前在这类研究中还无法直接获得两个

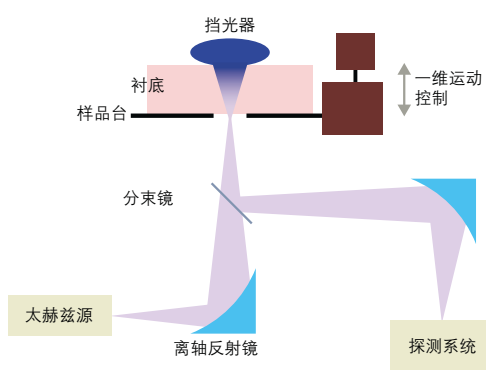


图1：太赫兹扫描反射仪的实验装置图。一台小螺距一维运动控制系统将衬底（样品台）移动到焦点内外，同时实时探测系统采集的数据。在动力学测量中，样品固定在焦点内。

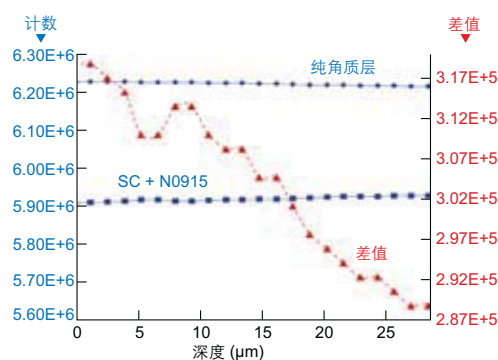


图2：N-0915沿角质层的浓度梯度（三角形），可以通过计算角质层数据（菱形）与涂有N-0915的相同角质层的数据（方形）之差获得。





## 技术中心 Technologies Center

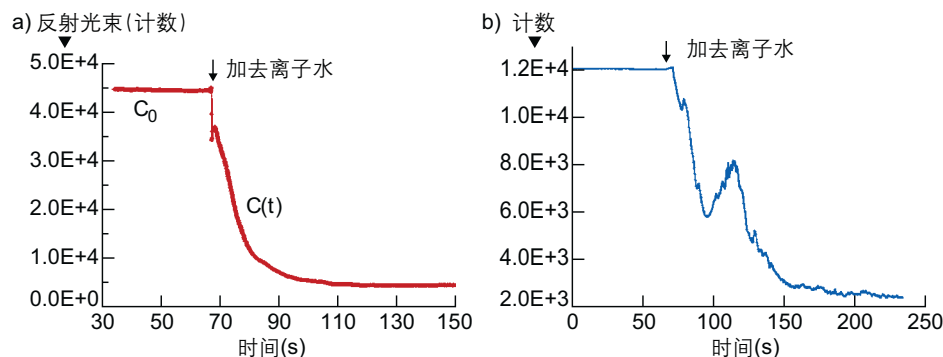


图3: 太赫兹扫描反射仪能够测量去离子水穿透相纸的动力学过程 (a)。采用相同技术, 如果在两层分离的相纸表面加水, 可以从渗透图中清楚地看到两层之间的界线。

要素: (1) 渗透成分沿基底厚度的浓度梯度; (2) 该类渗透的动力学速率。这两个要素对于定量分析至关重要, 例如通过 Fick 扩散定律进行分析。<sup>[4]</sup>

在一维条件下, Fick 第一定律直接建立流量  $J$  与浓度梯度的关系:  $J = -D(\partial C/\partial x)$ , 其中  $C$  是浓度,  $D$  是扩散系数。Fick 第二定律建立了扩散动力学与浓度梯度二阶导数之间的关系:  $\partial C/\partial t = D(\partial^2 C/\partial x^2)$ 。因此可以直接测量  $\partial C/\partial x$  及  $\partial C/\partial t$ 。太赫兹反射仪 (TSR) 可以实时测量浓度梯度以及扩散动力学速度, 从而进一步推动了生命科学和物理学的发展, 具体而言包括研究细胞特征、经皮肤给药过程、个人保健产品以及基底/活性成分研究 (活性物质对基底的效果十分重要)。

太赫兹反射仪通过差频方式在电光树状聚合物中产生连续波太赫兹辐射 (见图 1)。太赫兹光束通过离轴抛物镜发生  $90^\circ$  反射后聚焦到样品上 (正入射)。衬底反射光束通过分束镜/合束镜入射到探测系统。样品盒放置在一维运动控制器控制的扫描平台上。

为了进行直接测量, 需要对离轴抛物反射镜进行调整,

以使得太赫兹光束初始条件下聚焦到衬底表面。在这一位置, 使用运动控制器扫描衬底并且采集沿衬底厚度的反射。将待测成分附着到该衬底上可以记录一组反射数据, 然后减去没有待测成分的数据, 就可以获得  $\partial C/\partial x$ 。此外, 如果将太赫兹辐射聚焦到样品表面、并将运动控制锁定在该位置, 附着到衬底上的成分就会渗透到衬底中去, 此时还可以实时测量反射。在这种情况下, 反射正比于成分沿衬底的渗透速率  $\partial C/\partial t$ 。

利用太赫兹扫描反射仪测量皮肤表皮最外层角质层, 可以获得渗透抑

制剂 N-0915 的渗透参数 (见图 2)。首先, 测量纯角质层的反射, 然后测量施加 N-0915 的角质层的反射。两者的差决定了梯度值  $\partial C/\partial x$ , 因此这是对浓度分布的直接测量。

研究人员还测量了水渗透到感光相纸上的扩散速度。相纸被安放到反射仪内, 并用  $25\mu\text{L}$  去离子水浸润 (见图 3)。

接下来进行实时渗透速度测量过程。假定依赖于时间的反射变化可以直接反映渗透速度, 因此可以量化  $C/\partial t$ 。已知  $C/\partial t$  和  $\partial C/\partial x$ , 就可以由 Fick 第二定律直接计算出扩散系数。所有测量直接由装有 windows 操作系统的个人电脑在前端用户界面控制。

## 太赫兹光谱学

在拉曼以及红外光谱等常用技术中, 用激光束照射样品, 散射光通过透镜采集并入射到单色仪进行测量。接近入射激光波长的弹性瑞利散射光用滤波片滤除, 其余的光色散到探测器上进行探测。

现今的拉曼光谱仪, 如近轴透射 (AT)、Czerny-Turner (CT) 单色仪以及傅立叶变换 (FT) 光谱仪和 CCD 探测器, 采用带阻滤波片或边缘滤波片滤除入射激光。由于自发拉曼散射通常很弱, 因此很难将弱的非弹性散射光与强的瑞利散射光区分开来。这一拉曼光谱仪的基本限制使得它难以分辨许多分子, 特别是那些间距很小的谱线。

当太赫兹辐射与分子相互作用时, 它可以激发多种共振, 如分子振动、声子以及系统内

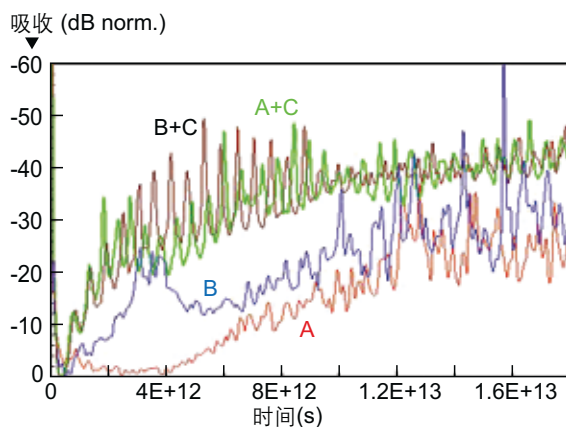


图4: 太赫兹光谱系统能够用于测量两个单链DNA分子 (光谱A及B)。吸收谱清晰地显示了胸腺嘧啶 (T) 被鸟嘌呤 (G) 所取代, 由杂交态谱A+C及B+C给出。通过特征谱峰, 无需标记就可以区别不同的杂交态。





其他共振。取决于特定的相互作用，这将以特定量值影响太赫兹光子。可以从能量及频率的变化获得相互作用分子性质的信息。尽管通过红外及拉曼光谱也会获得相关信息，但它们能够探测到的共振态要少于太赫兹光谱，这是因为太赫兹光子对整个分子的共振态很敏感，而不只是对束缚态或者带电态敏感。

如果分子不处在最低能态，分子模拟特别是分子动力学模拟能够揭示多种振动及构象。由于大多数分子在常稳态条件下处于最低能态，太赫兹辐射扰动将激发分子到那些可能存在的能态。例如：太赫兹光谱可用于分析两个单链 DNA 分子中的单核酸多态性 (SNP)。SNP 是一

种 DNA 序列变化，当基因组中单个核苷酸 (A、T、C 或者 G) 在生物样品内或个体内成对染色体互不相同时会产生 SNP (见图 4)。

SNP 探测对于诊断及个人医疗而言意义重大：研究发现，如果个体的基因有一类 SNP，某些药物就会起作用；如果没有这类 SNP，则意味着相同的药物不会起作用。如果大夫能够在个人基因中很容易地识别特定 SNP 的存在与否，那么他就可以开出恰当的处方。

科学研究揭示了 DNA 总是在单链与双链之间切换，以产生新的蛋白质或者与酶及其他蛋白质相互作用。太赫兹光谱仪十分灵敏，可以区分单链以及双链 (杂交) DNA，因此对于

大量生物研究而言必不可少。□

#### 参考文献：

1. U. Simon et al., Opt. Lett., 18, 13, 1062 (1993).
2. A. Rahman, "Stimulated emission of terahertz radiation from electro-optic Dendrimer," Proc. SPIE 7601: Terahertz Technol. and Applications III, San Francisco, CA, 76010C (Feb. 18, 2010).
3. A. Rahman, "Dendrimer Based Terahertz Time-Domain Spectroscopy and Applications in Molecular Characterization," J. Molecular Structure, 1006, 59–65 (2011).
4. E. De la Barrera, Nat. Structural & Molecular Bio., 12, 280 (2005)

上接第12页

冲能量吗？显然，现在这个问题已经得到了肯定答复，尽管现实世界中很少有应用真正需要这样的脉冲能量水平。试验表明，该激光器不仅可以产生许多低功率焊接应用所需的那种大点焊熔核直径，而且还能用于切割高反射率材料，如厚达几毫米的铝和铜。

### 时域整形毫秒脉冲

QCW 激光器最新增加的功能是称为脉冲信号发生器 (PSG) 的激光器控制套件，进而能对很多复杂时域脉冲进行编程。

多年前，时域脉冲控制广泛用于灯泵浦激光器，并且对某些点焊应用而言至关重要。当在激光脉冲的末端需要缓慢的斜坡下降沿、以防止重叠激光点焊的焊缝末端产生多孔性时，需要时域脉冲控制。在

这种情况下，光纤激光器的优点是：泵浦二极管的打开时间比传统灯泵浦激光器中所采用的闪光灯要短很多，因此可以实现更小的脉冲长度增量和更复杂的整形。

对于异种金属焊接和高反射率金属焊接这样的复杂微焊接技术而言，脉冲整形能力至关重要 (见图 2)。两种时域脉冲形状的效果对比，显示了 Eglise 形状比标准形状更具优势 (见图 3)。通过这种时域脉冲整形，可以改变金属凝固条件，并且单个脉冲能够根据每种焊接应用进行精细调节。同心波纹的减少以及单焊点中心减少的管道效应，表明在金属凝固过程中存在更大的阻尼。

### 更长波长的光纤激光器

输出波长位于 1.5~2μm 范围内

的铒和铥棒状激光器早已存在，只是以前没有用于材料加工领域。高亮度光纤激光器已经在各种各样的医疗和航空应用中使用多年。

许多聚合物在这些波长对光的吸收大增。最近才证实此种水平的吸收适合焊接光学透明的聚合物，从而省去了对特定红外吸收体的需求。当使用单模高亮度激光器时，甚至准直光束也能产生足够高的功率密度，从而在对接和搭接焊中获得高质量的光学透明接点。表 1 中给出了几种聚合物对光的吸收情况。

光纤激光器所取得的这些速度惊人的进展，也充分显示了光纤激光器概念本身固有的可扩展性。未来光纤激光器还有望扩展到更高的功率，并加入更多的光纤和泵浦二极管。□





## 光学相干层析

## 光学相干层析技术的发展及其应用

在过去的二十年间，光学相干层析（OCT）由于不存在辐射危害，已发展成为面向医学应用的一种宝贵的非侵入式成像技术。新兴光源与技术的涌现、以及将OCT拓展到其他材料及传感应用领域研究，正在不断克服OCT穿透深度浅以及扫描速度慢的限制。

Jeff Hecht

OCT技术于二十年前就已出现，目前其已经在用于诊断和研究的生物医学成像领域赢得了一席之地。OCT技术的优点包括：为组织成像提供高分辨率、无损成像特性以及采用无害的近红外辐射；其局限性包括：对分子成分不敏感、在大多数组织中的穿透深度受散射和吸收影响，仅为3mm。然而，奥地利维也纳医科大学的Rainer A. Leitgeb在一篇综述性文章中指出：“可以将OCT技术看作细胞成像以及组织和器官成像之间的过渡环节，”因此它对医学成像意义重大。<sup>[1]</sup>

目前为止，OCT技术应用最成功的领域是眼科学。由于眼睛是透明的，因此光可以完全穿透眼睛，从而以高分辨率对视网膜进行检查。OCT技术的另一个发展迅速的应用领域是心脏病学，在该应用中，利用光纤穿过冠状动脉使得OCT技术可以清晰地观察动脉斑块。另外，一些其他新应用也正在涌现。研究人员正在将OCT与其他诊断技术相结合，如荧光和拉曼测量。下面将简要介绍OCT技术的一些发展迅速的应用。

## OCT基本原理

光学相干层析类似于超声成像，后者通过记录组织散射的声波成像。OCT对样品进行扫描，然后将背散射光与延迟的参考光束在干涉仪中合束，以收集成像数据。使用有限相干的光源能够使多次被散射的光与探测器处的参考光的相位不相关，因此只有直接散射的光可以被记录下来。图像的对比度来源于组织内折射率的变化。

如图1所示，可以通过三种方式收集数据。第一种方法采用时域测量，其通过调节干涉仪中参考光束的光程，以测量不同深度处的散射。尽管时域系统仍在使用的，但目前大多数测量都采用频域（即傅立叶变换）方法。频域OCT设备采用固定宽带光源，将合束后的散射光与参考

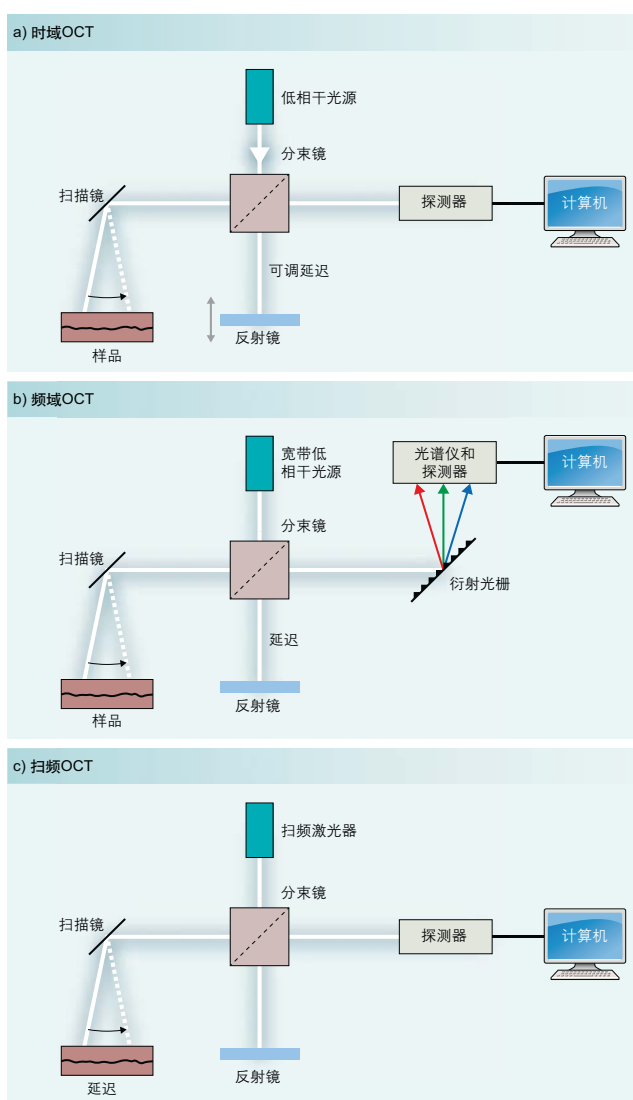


图1: OCT的三种实现方式。(a) 时域OCT中，低相干光源的输出分为两束，一束扫描样品，另一束提供可调节延迟。两束光相位匹配，因此反射参考光仅与样品中特定深度的背散射光发生相长干涉。(b) 频域OCT利用宽带光源，同样分为样品光束和参考光束，然后通过光谱仪合束并成像于探测器阵列。(c) 扫频OCT采用高速扫频激光源，也分为样品光束和参考光束，并最终在探测器阵列合束。以上三种方案中，数据输出进入计算机处理，并生成图像。



光投射到光谱仪形成光谱，然后利用计算机记录及分析光谱；另一种频域 OCT 设备采用不断重复的扫频光源，并将合束后的光束投射到单个探测器上，以生成扫频谱。还有多种其他方案，包括多光束扫描系统，用以测量不同深度处的组织。

除了探测组织内的折射率差别外，OCT 还可以探测成像组织中任何影响光的相位、振幅以及偏振的结构。例如，测量组织中光偏振态的变化可以揭示胶原蛋白（哺乳动物体内最常见的蛋白质，具有自然双折射性）条件的变化。记录一系列频域 OCT 图像能够确定血液流经组织的多普勒频移。

尽管人们认为大多数组织不透明，但是它们在红外及近红外波段却是半透明的，因此 OCT 可以穿透较薄的组织层。在粗略近似的条件下，可以将组织看作是水，因此尽管 OCT 在 1550nm 波长处具有一定的穿透深度，但是在 1400nm 波长处的水吸收，明显限制了穿透深度。在更短的 800~1300nm 波段可以提供更好的成像对比度，但是与长波长相比，短波长的穿透深度较浅。因此必须根据特定的应用来确定最佳波长。

宽带光源能够为 OCT 提供更短的相干长度。在某些情况下可以采用灯照，但目前的主流光源为脉冲或可调谐宽带激光、超亮二极管（放大自发发射，但没有谐振腔）以及超连续光源。扫频 OCT 需要能够发射窄线宽、同时可以在宽波段内进行快速调谐的激光器。光源的功率范围通常为 1~100mW，但是眼科应用的功率通常较低。扫频光源可以采用微机电扫描仪或其他扫描镜进行光谱扫描。

技术进步推动了 OCT 的发展。光源以及探测器的改善能够提高速度、分辨率以及探测灵敏度。自 1991 年第一台 OCT 扫描仪问世至今，扫描速度已经提升了一千万倍。随着分辨率的提高，OCT 在不久的将来还能够提供实时原位活体组织检查，并且分辨率将达到细胞水平，从而可以减少诊断错误、提高治疗精度。

眼科学及其他应用

俄勒冈健康与科学大学的 David Huang 曾表示：“OCT 与眼睛是天作之合”。由于眼睛透明并且极为重要，因此眼科学是 OCT 技术最为成功的应用领域（见图 2）。尽管眼科医师依

然采用狭缝灯做标准的初期检查，但是对于 90% 的关键性视网膜检查而言，他们会采用 OCT。眼科医师已经进行了上亿次的



图2：医师正在用  
截面图象

紫外系列固体激光器



高品质 · 高可靠 · 高性价比

工业级高品质固体激光器提供商

主要特性：

OCT 三维成像的分辨率通常为  $5\text{ }\mu\text{m}$ ，从而可以检测年龄增长导致的视网膜黄斑变性疾病产生的异常血管。这一症状“以前几乎无法治疗”，但 OCT 使得眼科医师知道何时需要注射控制血管的药物，以限制视觉损伤。视网膜的高分辨率成像还可以发现青光眼的早期症状，并且监视脉络膜以及视网膜中的血流。

目前，眼角膜成像正在快速发展。OCT 能够测量角膜以及内层的结构，这对于优化屈光手术结果而言意义重大。眼科医师还在研究 OCT 在手术室内的其他用途，例如辅助治疗角膜瘢痕等病症，以及在一种新型白内障手术中辅助飞秒激光器切除变硬的晶状体。

OCT 的另一个热点应用领域是心脏病学。在该类应用中，可以将单模光纤插入动脉进行螺旋扫描，以检查动脉斑块（见图 3）。该研究的目的在于找到易损斑块，它很容易在毫无征兆的条件下从血管壁脱落、并形成致命的血栓。Case Western Reserve 大学的 Andrew Rollins 称，目前 OCT 是唯一能够探测这些斑块的技术。他的研究小组目前正在致力于仪器开发，用于分析以及显示采集到的大量数据，辅助医师在检查病人过程中治疗易损斑块。Rollins 说：“如果将 OCT 用于决策过程，它可以立刻提供反馈。”他还在开发检查胚胎心脏发育的 OCT 工具，从而帮助研究人员理解并治疗先天性心脏缺陷。

研究人员还在研究 OCT 在肠胃、肺部以及生殖系统中的癌症检查及治疗。通过内窥镜系统成像，可以发现

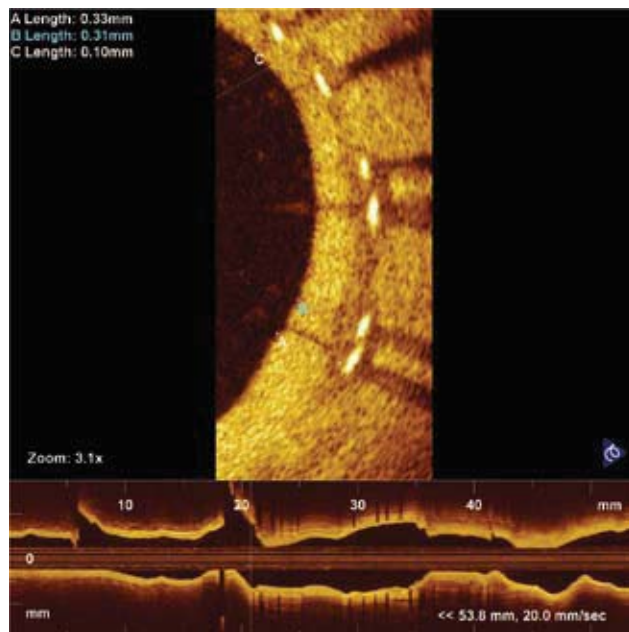


图3：动脉OCT截面图像显示了在血管内支架（亮点）周围的动脉壁已经愈合。暗区域是血液流经的动脉内部。

预示癌症的结构变化。OCT 在胃肠道疾病检查治疗方面具有巨大的应用前景。食道疾病通常都是致命的，因此有效的成像诊断将有助于医生挽救生命。

乳腺癌是医生面对的另一个棘手难题。最近有研究指出：偏振敏感的 OCT 技术能够识别癌变的乳腺组织。<sup>[2]</sup>然而，多数乳腺组织深度超过现有 OCT 成像技术  $1\sim 3\text{mm}$  的探测极限。

另外，皮肤病治疗也是 OCT 技术的一个应用市场，然而目前 OCT 很难穿透皮肤成像，但是很容易移除表皮病变进行切片检查，这将产生更加准确的诊断结果。皮肤病医师认为，最有前途的诊断治疗方法是将标准 OCT 技术与拉曼、多普勒以及荧光技术相结合，以获得不仅限于纯粹散射的光学数据。<sup>[3]</sup>

## 展望未来

2012 年，在 SPIE Photonics West 大会中举办的“第十六次生物医学领

域光学相干层析及相干领域光学方法会议”上发布的多篇 OCT 论文，清楚地表明了 OCT 技术正在蓬勃发展。截止 2009 年，仅在眼科应用领域就已经安装了超过 17000 台 OCT 系统，这也表明 OCT 技术正广受青睐。

然而前面的路还很长。采用补充光学技术将有助于克服 OCT 不能直接探测分子的缺陷，这样 OCT 系统就可以更好地诊断组织成分。另外，还需要改进数据处理及显示，以提供精密显微手术所需要的实时成像。

当然，穿透深度依然是个老生常谈的问题。OCT 的致命缺点在于穿透深度不超过  $1\text{cm}$ ，目前尚未找到解决这个问题的办法。□

## 参考文献：

1. R.A. Leitgeb, "Current Technologies for High-Speed and Functional Imaging with Optical Coherence Tomography," *Adv. in Imaging and Electron Phys.*, 168, 109–192 (2011); doi:10.1016/B978-0-12-385983-9.00003-X.
2. Y. Verma et al., "Imaging of Human Breast Tissue Using Polarization Sensitive Optical Coherence Tomography," *Laser Phys.*, published online (Oct. 3, 2011); doi:10.1134/S1054660X11210225.
3. T. Gambichler, V. Jaedicke, and S. Terras, "Optical coherence tomography in dermatology: technical and clinical aspects," *Arch. Dermatol. Res.*, 303, 457–473 (2011); doi:10.1007/s00403-011-1152-x.



# 机器视觉 Machine Vision

**工业智能化：**  
智能相机加速生产检测任务

**高光谱成像：**  
面向气体分析应用的高光谱成像相机

**照明光源：**  
LED照明用于纸病检测系统

**光学成像元件：**  
混合光学元件助力视觉系统设计





## 光学成像元件

# 混合光学元件为视觉系统设计带来益处

混合光学元件可以取代多元件系统设计，并能为标准光学元件带来诸多益处；它们是成像、宽带照明以及激光应用的理想选择。

Scott Sparrold, Geoffrey Forman; Edmund Optics公司

机器视觉和光子学等领域的进步，日益需要更高性能的光学元件和结构更加紧凑的系统，这些需求正在不断推动光学元件设计的改变。目前，能够取代多元件设计的混合光学元件正在涌现，其不但具有卓越的性能，而且还能减小系统尺寸，进一步满足客户需求。

混合光学元件之所以得名，是因为它具有能够操控光线的折射表面和衍射表面。混合光学元件的聚光力，是通过来自两个表面的光线的相互作用定义的，其可通过将这两个表面各自的聚光力相加计算得出。

## 混合光学元件的制造

混合光学元件的制造通常使用以下两种方法之一：金刚石车削 (diamond turning) 和注压成型 (injection molding)。金刚石车削方法 (其中包括用金刚石加工工具实现透镜的机械成型) 是制造单个元件的理想选择。然而，考虑到制造单个透镜所需要的机械过程和时间等因素，金刚石车削方法对于大规模量产而言成本高昂，并且当透镜的直径为 10mm 甚至更小时，这种制造方法将变得非常困

难，甚至不可行。

相比之下，注压成型方法 (将熔化的塑料注入到模具中形成透镜) 则是大规模量产的理想之选。尽管注压成型方法在大规模量产方面比金刚石车削方法具有更低的成本，但是注压成型需要格外小心谨慎，因为塑料不具备玻璃的热稳定性。如果在成型后无法适当冷却透镜，则可能会导致透镜收缩，并形成额外的物理应力，这两种情况都会降低透镜的光学特性。对于红外光谱而言，通常用硫系玻璃制造混合光学元件。

## 混合光学元件的优点

与传统光学元件相比，混合光学元件除了能通过减小元件数目缩减系统尺寸外，还具有其他一些优点。例如，单个混合元件可以减小或消除色差；而在传统光学元件中，当不同波长的光聚焦在光轴上不同的点时，便会产生色差，如果不对色差进行校正，便会在图像中产生彩色条纹。

通过理解色差校正原理，色差校正可获得最佳定义。在混合光学元件中，衍射表面和折射表面均作为单独的光

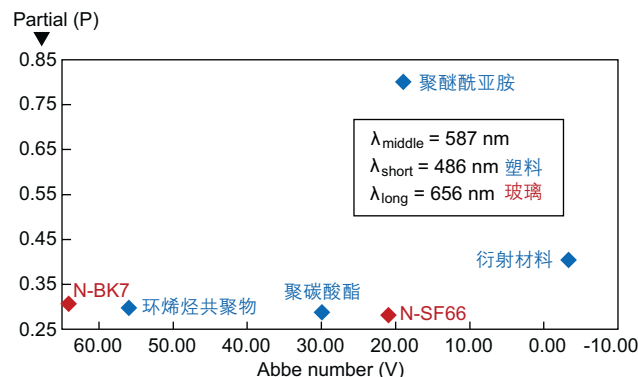


图1: 当用多个折射元件设计成像系统时，使用类似于图中用于可见光波段塑料的P-V示意图，来选择初始元件类型。

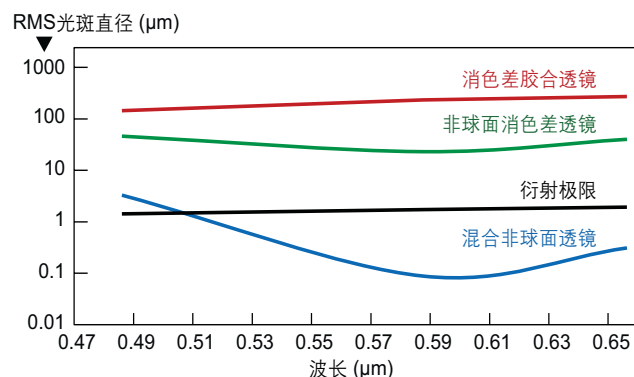


图2: 直径为25mm、f/1.2的塑料混合非球面透镜、消色差胶合透镜和非球面消色差透镜的光斑尺寸对比。



## Machine Vision 机器视觉

表1: 色差属性对比。

|                 | 消色差<br>胶合透镜      | 非球面<br>消色差透镜 | 混合<br>透镜         |
|-----------------|------------------|--------------|------------------|
| Crown           | N-LAK34          |              | E48R             |
| Flint           | N-SF6            |              | Diffractive      |
| Crown V number  | 55.9             |              | 55.9             |
| Flint V number  | 23.8             |              | -3.45            |
| Crown partial   | 0.304            |              | 0.294            |
| Flint partial   | 0.284            |              | 0.404            |
| Axial color     | 0                |              | 0                |
| Secondary color | 20 $\mu\text{m}$ |              | 65 $\mu\text{m}$ |

学元件。为了消除色差,用色差校正的光学元件校正色散——色散用于定义焦距是如何随波长变化的。

传统的色差校正透镜(消色差透镜)是通过平衡两个不同折射率材料的聚光力和色散、使短波长和长波长聚焦到同一点来构建的。但折射色散为正值,衍射色散为负值。

相比之下,混合光学元件可以在单个透镜内、通过平衡折射表面和衍射表面的聚光力和色散,实现色差校正。

然而,由于色散的非线性特点,这种校正方法只能工作在两种波长极限情形。因此,部分色散(色散非线性的测量)是需要考虑的关键因素,因为它用来计算双峰(doublet)二级色彩:中间波长相对于极限波长的散焦。

大部分折射材料分布于玻璃nd-v图的上方,并且大部分玻璃具有相似的P/V值。在可见光范围内,P/V值约为0.005。为减少二级色彩,两个元件之间的P值必须密切匹配,例如在3~5 $\mu\text{m}$ 的波长范围内,使用硅和锗进行双峰色差校正。

当用多个折射元件设计成像系统时,起始元件类型的选择使用一种类似于图1的P-V示意图,其是可见光波长塑料、若干种玻璃以及衍射材料的一个示例图<sup>[5-7]</sup>。在设计混合光学元件的时候,在玻璃图中加入衍射非

常重要。对于双元件设计而言,P必须密切匹配。

如果两个元件不具有匹配的P值,那么就要选择三种材料,从而使得图上三种元件所形成的三角形的面积尽可能地大。例如,衍射材料-聚醚酰亚胺-N-BK7能构成一个面积最大化的三角形;两个

元件接近一个与第三个元件匹配的P值。

混合光学元件的另一个优点是,它们对热变化的敏感性较小。

### 混合光学元件的缺点

混合光学元件也有一些缺点。从价格方面来看,尽管混合光学元件的价格与非球面光学元件的价格差不多,但却比标准光学元件的价格高,这是因为金刚石车削环节会增加成本,或者注塑成型过程也会增加工具成本。

混合光学元件的另一个缺点是,当其与宽带光源一起使用时,混合光学元件的衍射效率随波长的不同而变化。例如,对于中心波长为587nm的可见光系统而言,混合光学元件在656nm波长处的衍射效率为96.4%,而在486nm波长处的衍射效率则下降到了86.6%。幸运地是,对于激光或其他单色光源而言,并不存在这个问题。

最后,混合光学元件不适合用于较短波段的系统设计。短波长通常处于混合光学元件设计的线性公差之下,这会导致透镜性能大幅下降。

### 混合光学元件的应用

根据不同元件的性能,混合光学



# 顶尖 PINNACLE

Your Strategic Partner in Photonics  
您的光电子战略合作伙伴

## Jenoptik Laser

Exclusive Distributor for Jenoptik Lasers in China  
高功率半导体激光器



- 波长选择多: 808、880、915、938、976、1060nm等
- 封装形式多样: 单管、裸巴、CS、焊线、光纤耦合输出等
- 应用广泛: 针对工业、医疗、科研等不同应用有不同的适用型号
- 功率高: 从几瓦到2500瓦, 可选范围大

## Df.fs 薄片飞秒激光器



- 中心波长: 1025nm
- 重复频率: 30-200kHz
- 脉冲能量: 40  $\mu\text{J}$ @100kHz / 20  $\mu\text{J}$ @200kHz
- 脉宽: <400fs
- 应用领域: 精微加工、激光眼科手术、超快光谱

## LUMERA

### SUPER RAPID-HE 工业皮秒激光器

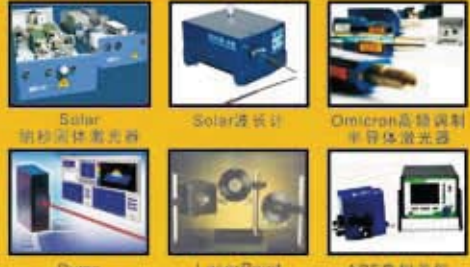


- 波长: 1064nm(532nm和355nm可选)
- 脉冲宽度: <15ps
- 平均功率: >10W@100kHz
- 单脉冲能量: >200  $\mu\text{J}$ @0~10kHz

## MenloSystems

### Bluecut 工业飞秒激光器

- 中心波长: 1050nm
- 脉冲宽度: <300fs
- 重复频率: 100kHz/1000kHz (其它重频可选)
- 脉冲能量: 5  $\mu\text{J}$ @100kHz / 2  $\mu\text{J}$ @100kHz
- 光束质量: M<sup>2</sup><1.25 (准直空间输出)



Solar 纳秒纳秒激光器   Solar 激光器   Omicron 高精度调制平台激光器

Duma 光强度分布分析仪   LaserPoint 功率计/能量计   APED 相关仪

我司近期将参加如下展会, 敬请光临:

- 慕尼黑上海光博会 (LASER World of PHOTONICS CHINA 2012)  
2012年3月20日-22日 上海新国际博览中心 展位号: WT161632号
- SPD China 2012  
2012年3月20日-22日 上海新国际博览中心 展位号: 1E11331号

## 顶尖科技 (中国) 股份有限公司

### Pinnacle Scientific (China) Corporation

+86-571-88225151 | sales@psci.cn | www.psci.cn



图3: 成品混合光学元件正在走向实用化, 图中显示的为TECHSPEC锗红外混合非球面透镜。

元件可以是以下一些应用的理想选择。

**轴向成像透镜:** 玻璃双合透镜与塑料混合光学元件的对比——例如, 混合非球面透镜集色差校正功能和非球面透镜消除球面像差的能力于一身, 是成像和眼科应用的理想选择, 并且可以与激光和宽带照明光源一起使用。

例如, 图2给出了一个直径为25mm、f/1.2的塑料混合非球面透镜、消色差胶合透镜和非球面消色差透镜的光斑尺寸对比。混合光学元件在整个波长范围内都具有最小的光斑尺寸。表1中给出了颜色特性对比。

混合非圆柱形透镜能够在创建细线轮廓的同时, 提供色差校正功能。对于红外波段的性能而言, 锗混合非球面透镜是成像、宽带中红外应用的理想选择, 而且还可以集成到傅里叶变换红外光谱仪中使用。

**成像应用:** 双胶合高斯透镜——双胶合高斯透镜设计是现代照相机镜头的基础。其设计包含了一个“单一透镜-双合透镜”对, 它们可以对称地围绕一个光孔(孔径光阑)。对称性能够在较大的视场内平衡场色差, 并且快速f数。之前的研究<sup>[9]</sup>已经显示, 其性能可以通过非球面化靠近成像平面(也是混合光学元件的理想位置)的最后一个元件得到提升。例如, 根据调制传递函数(MTF), 在空间频率为15lp/mm的条件下, 一个球面设计的光学性能(f/2.1、42°视角)为32%全场、44%轴向。对于非球面元件而言, 其性能为36%全场、75%轴向; 而混合光学元件的这两个参数分别为41%和79%。

与非球面透镜相比, 混合光学元件仅对MTF提供了较小的改进, 但是它却展示了轴向色差的大幅减少: 32μm Vs. 124μm。轴向色差的减少, 能够在不牺牲光学性能的情形下, 取消额外的光学镜头, 从而简化设计。

**用于消除热散焦的轴成像透镜——**混合光学元件对温度变化的不敏感性, 是激光应用的理想之选。使用波长530nm的Nd:YAG倍频激光, 在温度为-40~80℃的条件下, 比较折射非球面透镜和混合光学元件(两者的参数均为f/5、焦距100mm)性能的差异。使用环烯烃共聚物(E48R, 其热膨胀系数为 $60 \times 10^{-6}$ , dn/dT参数为 $-100 \times 10^{-6}$ ), 混合光学元件并没有受到温度变化的影响。然而, 非球面透镜的每个部分在铝壳内( $\alpha=23.6 \times 10^{-6}$ )都产生了一定程度的散焦, 散焦范围从N-BK7非球面透镜的 $\pm 860\mu\text{m}$ 、到塑料非球面透镜的 $\pm 1.6\text{mm}$ 。用于参考, 焦距的四分之一波长焦深大约为 $\pm 0.025\text{mm}$ 。

为了不断满足用户需求, 混合光学元件设计将会继续不断改进。例如, 随着机器和锻造的公差精度不断提高, 混合光学元件的性能将会继续提升, 并且当与紫外线和其他短波长光一起使用时, 也会显示出性能的改善。紧凑的尺寸、色差校正和热稳定性等优势, 确保了混合光学元件的应用将会持续增长。□

#### 参考文献:

1. J.E. Greivenkamp, Field Guide to Geometrical Optics, SPIE (December 2003).
2. M. Riedl, "Diamond Turned diffractive optical elements for the infrared," Proc. SPIE, 2540, 257 (1995); doi:10.1117/12.219529.
3. D. O'Shea, T. Suleski, A. Kathman, and D. Prather, Diffractive Optics: Design, Fabrication, and Test, SPIE (December 2003).
4. S. Sparrold, Optics Realm web site, "Color Correction"; <http://bit.ly/rCtg1c>.
5. P.R. Tolley, "Pushing the Polymer Envelope," Syntec Optics white paper, orig. presented at SPIE Optics + Photonics (2005); <http://bit.ly/vCr6zO>.
6. S. Baumer, Handbook of Plastic Optics, 2nd Edition, Wiley-VCH (April 2010).
7. M. Schaub, J. Schwiegerling, E. Fest, A. Symmons, and R. Shepard, Molded Optics: Design and Manufacture, CRC Press (April 2011).
8. G. Behrmann and J. Bowen, "The influence of Temperature on Diffractive Lens Performance," Appl. Opt., 32, 14, 2483-2489 (1993).
9. S. Sparrold "Placement of Aspheres in an Optical System to Increase Optical Performance," NASA Tech Briefs, 34, 4, 48-52 (April 2010); <http://bit.ly/rOi43>.





## 智能相机

# 智能相机打破常规生产局限

具有嵌入式处理能力的智能相机正在改变着视觉检测前景，开发人员将不再需要独立的相机，即可运行视觉检测应用。

Dave Wilson

尽管制造商们针对智能相机给出了很多描述，但到目前为止智能相机还没有一个统一的定义。通常，智能相机就是内置处理能力的相机，它可能基于一个专门的现场可编程逻辑门阵列 (FPGA)、一个数字信号处理器 (DSP)、一个来自 Intel 或 AMD 等处理器厂商的成熟的 CPU 或 CPU/GPU 组合，或搭配 FPGA 的 CPU 模块。

因为具有内置可编程性，智能相机正在满足着以往由“相机+计算机软件”组合主导的众多小的应用需求。而智能相机及开发环境的选择则取决于视觉检测应用自身的要求、需要配备智能相机的系统成本及容量以及编程的难易程度。

## 拖放工具

目前，智能相机制造商正在不断完善其配套的图像处理工具的易用性，以便于只有很少视觉经验的终端用户也能开发图像处理系统。因为智能相机的硬件及软件带来了“突破性”的解决方案，开发应用程序只需很少的编程技巧，这对那些期望降低成本的视觉系统开发者而言极具吸引力。

例如，一些采用 FPGA 的智能相机供应商提供了函数库，借助函数库，系统集成商可以在图

像进行网络传输前，对其执行一些预处理操作。这类定制的函数功能包括图像校正、Bayer 校正等特定的传感器函数以及更多与应用相关的函数，如 3D 激光三角测量与色彩分级等。

与此同时，一些采用商用微处理器或 DSP (有些会再加上 FPGA) 的智能相机，可以采用多种不同方式对其编程，并开发一些可在 Windows、Solaris、Linux 或多任务实时操作系统下运行的应用程序 (如图 1)。

为了让用户能快速编程，很多相机供应商提供了图形化集成开发环境 (IDE)，系统集成商可以通过在函数库中选择“已存储好”的特定函数，

定制视觉算法并实现功能互连。

很多工具包还支持用户创建定制的图形用户界面 (GUI)，用户只需从工具库中将控制模块拖拽到人机界面 (HMI) 面板上、设定控制属性，然后将控制模块与视觉函数联系起来即可完成定义。例如美国 PPT Vision 公司的视觉程序管理器 (VPM) 就是一个软件环境，可以帮助开发人员创建一系列视觉及光学特性识别 (OCR) 程序，同时它的控制程序管理器 (CPM) 可用于构建定制的控制面板 (如图 2)。

一些使用拖放函数库的智能相机，能让用户使用更传统的工业可编程逻辑控制器 (PLC) 语言完成视觉功能的编程。例如，Festo 公司的智能相机可以直接运行很多现成的视觉应用程序，包括条形码阅读及光学字符识别等，另外用户还可以采用类似 PLC 的编程方式对其编程 (如图 3)。

软件开发套件 (SDK) 则更适合需要在短时间内 (如几天或一周) 完成的一次性项目。尽管相机及应用开发所需要的 SDK 成本可能高于重新开发软件的成本，但开发应用程序所节省的时间将带来一定的成本优势。

智能相机与 SDK 方案的高效还体现在，智能相机系统开发人





## 机器视觉

## Machine Vision

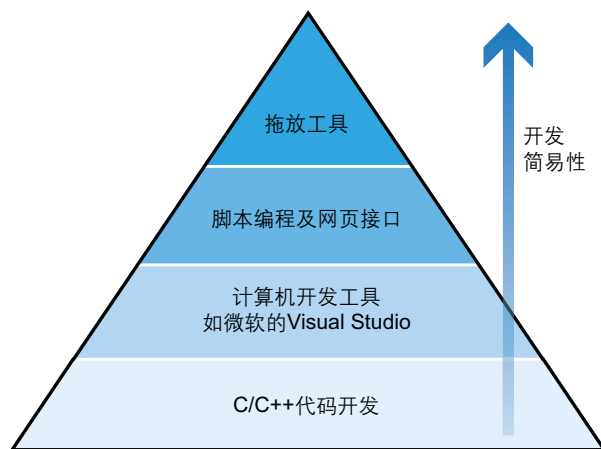


图1: 软件开发人员可以使用熟悉的编程语言以不同方式对智能相机编程。

员有可能还需运行一些脚本程序来定制某些特定参数。特定的基于文本的脚本撰写工具常配有脚本翻译器, 因而不需再进行完整的代码编译。同时, 众多智能相机还具有集成的网络服务器, 使其具备网络兼容性, 允许系统开发人员通过远程服务器控制相机。

在开发智能相机应用程序时, 对于需要开发多系统的工程师而言, 使用 C 或 C++ 等高级汇编语言处理更复杂、更长的图像处理任务是一种更好的解决方案。尽管开发这类应用代码的初始成本可能高于使用现成图形软件的成本, 但这种方法减少了需要建立的系统数量, 从而可以实现成本分摊。

采用该方法的优势在于: 通过开发或使用处理函数库中特定的功能函数 (如触点或边缘检测等), 开发者无需再为库中其他无关的图像处理函数付费, 从而降低了成本。

尽管如此, 提倡使用 C++ 编程语言的供应商们也意识到需要帮助开发经验尚浅的编程人员, 以让其具备快速编程的能力。为此, 供应商支持开发人员使用如微软的 Visual Studio 等开发环境, 这种方法可以在计算机上直接对软件进行检测及调试。

虽然一些软件编程环境只面向某个特定的相机制造商, 但智能相机还有众多的软件包可供选择, 这些软件包可适用于不同供应商所生产的相机。对于开发人员而言, 这些软件包一度价格高昂, 但随着当前软件开发人员更多地按功能对软件分类

计价, 系统集成商可以只选择需要的特定图像处理功能并为其支付费用。以 Matrix Vision 公司的 BlueLYNX 相机为例, 它可以使用 MVTec 公司的 Halcon 软件进行编程 (如图 4)。

随着软件分类计价方式的发展, 拖放功能块的各类算法最终可能会像现在苹果公司为 iPhone 及 iPad 提供应用程序的方式一样, 提供给系统集成商。有了这样一个通用函数库, 开发人员便可以根据客户需求选择特定

的图像算法, 同时实现更高的性价比。

虽然当前智能手机所使用的绝大多数处理器性能已足够完成简单的光学识别任务, 但如果开发人员需要执行更为复杂的图像分析功能 (如旋转匹配或表面特性匹配) 或处理高分辨率图像时, 则需要更高的处理能力。

幸运的是, 很多软件供应商提供定时工具, 可以在智能相机上运行程序前预估出程序的执行时间, 因此开发人员可以据此判断出自己所开发的程序的计算强度。

当然, 行业自身不断变化发展的特性要求智能相机处理器的计算能力不断攀升。今年, 已经有在同一设备上集成主处理器及图形处理器的智能相机推出。毋庸置疑, 这一趋势意味着将会有更多集成更复杂的图像算法的智能相机不断涌现。

## 系统接口

虽然智能相机可以完成多种图像处理任务, 系统集成商仍需要将相机

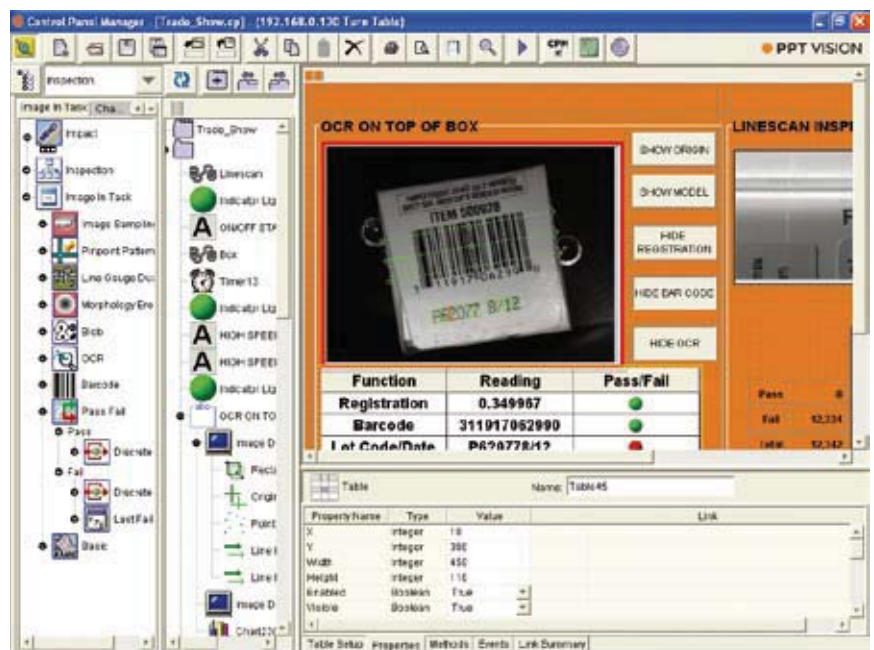


图2: PPT Vision公司的视觉程序管理器是一个软件环境, 可以帮助开发人员创建一系列视觉及光学特性识别程序, 同时它的控制程序管理器可用于构建定制的控制面板。





## Machine Vision 机器视觉



图3: Festo公司的智能相机可以直接运行很多现成的视觉应用程序, 包括条形码阅读及光学字符识别等。用户还可以采用类似PLC的编程方式对其编程。



图4: Matrix Vision公司的BlueLYNX相机可以使用MVTec公司的Halcon软件进行编程。

与系统中的其他元件互连。因此, 很多智能相机支持以太网、RS-232 或 24V 输出信道, 开发人员可以通过这些接口发送简单的通过 / 错误信息。一些相机还支持 VGA 或 SVGA 输出模式, 能够在监视器上直观地显示捕捉到的图像或 HMI 信息。

具有连接到如计算机硬盘驱动器等存储设备上的性能, 对需要从相机中获取数据进一步分析无疑更具优势。基于该性能, 计算机可从图像分

析中记录统计数据, 随后即可对数据进行分析完成质量控制。

对于需要配置多个相机的系统, 智能相机可能无法满足此类应用需求。即便可行, 价格也会非常高昂, 因为开发人员需要向相机制造商支付多个应用程序的授权费用, 而相机硬件本身也可能带来更高的成本开销。

在此种情况下, 多个“非智能”相机配备一个单独的多核计算机及授权的单一应用程序, 将是一个更为可行、更具成本效益的解决方案, 毕竟计算机的处理能力还是超出了嵌入在相机中的嵌入式处理器的性能。

尽管如此, 即便是一些高端图像处理系统的开发人员, 当其开发的多相机系统对处理性能和带宽的要求需要将部分处理任务转移至智能相机时, 他们也会配备智能相机。

## 专家建议

鉴于智能相机的日渐流行, 精明的终端用户仍会要求系统集成商帮助其进一步简化智能相机系统的开发, 具体可能是在客户假设的提前下进行多重检测安装设置, 以确保单相机检测系统可以按规定运作。

集成商需要确保系统中照明及光学部分的处理任务简单直接, 能够由智能相机处理。在演示后, 系统集成商还可能要进行现场试验、试运行程序并培训客户。

尽管这一工作会很耗时, 有可能花费系统集成商数天的时间, 但相应地产品价格也会提升。与基于视觉的计算机解决方案相比, 整体系统的成本更低, 并能更快完成任务。

## 使用智能相机自动组装轮胎

对于汽车制造商而言, 连续地用



## Every image is a work of art!

The innovative **pco.edge** with outstanding sCMOS technology sets new standards for scientific camera systems! It combines an exceptional dynamic range (27000 : 1, digitized in 16 bit), maximum frame rate (100 images per second), and high resolution (2560 × 2160 px) with extremely low readout noise (1.1<sub>med</sub>) into one versatile overall result for demanding applications.

**pco.**  
www.pco.de



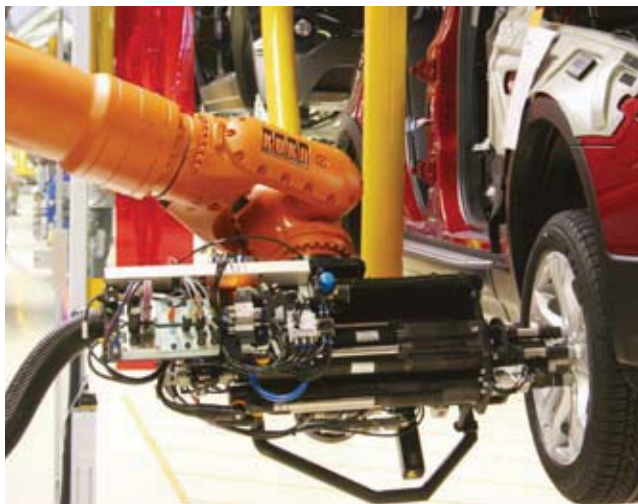


图5: 两个六轴Kuka工业机器人分站在汽车的两边, 从供给台上拿到使用的螺栓及轮辋, 并拧至车身上。机器人与传送带同步, 在组装过程中跟随汽车移动。每个机器人都配有Matrox Iris GT智能相机。



图6: Matrox Iris GT智能相机位于轮辋中心点, 计算轮辋的位置 (x,y坐标)、螺栓圆周的旋转率 (Rz) 及在校准坐标系中到相机的距离。在将坐标输出给机器人前, 智能相机将检测当前轮辋的设计是否符合预期类型。

手工方式为汽车安装轮胎是件极其昂贵的工作, 因为整个过程需要数个组装工人。

现在, IBG Automation GmbH 公司为汽车行业设计了一套组装系统, 可以自动为流水线上相继出现的汽车装配合适的轮胎。这一流程的自动化, 令汽车制作商不仅看到了劳动力成本的大幅削减, 同时因为消除了装配出错的可能, 整体制造质量也大幅提升。

两个六轴 Kuka 工业机器人分站在汽车的两边, 从供给台上拿到使用的螺栓及轮辋, 并拧至车身上。机器人与传送带同步, 在组装过程中将跟随汽车移动。每个机器人都配有包含偏振与红外滤波器的专用照明

系统。(如图 5)。

每个机器人都配有 Matrox Iris GT 智能相机, 位于轮辋中心点, 负责计算轮辋的位置 (x,y 坐标)、螺栓圆周的旋转率 (Rz) 及在校准坐标系中到相机的距离 (如图 6)。在将坐标输出给机器人前, 智能相机将检测当前轮辋的设计是否符合 PLC 所设定的预期值。

最后的测试防止将错误的轮辋设计安装到汽车上。智能相机可识别十三种不同的轮胎组合, 包括七种轮辋设计及四种涂漆颜色 (白色、银色、烟煤色及黑色)。整个轮胎自动装配周期耗时仅为 54s。

其所采用的图像处理系统基于 Matrox Iris GT 智能相机, 通过相机配套的集成开发环境 Matrox Design Assistant 进行应用编程。

IDE 让用户通过构建流程图即可创建机器视觉应用, 而无需使用诸如 C++ 等语言编程或编写脚本。一旦开发完成, 项目 (或流程图) 被上传并存储到 Matrox Iris GT 上, 并在智能相机上运行, 随后通过在计算机上运行的基于网页的 HMI 进行监控。

这一过程将使用一些设计辅助工具或不同的流程图步骤。图像获取和处理工作由网络发出的命令触发, 该命令包含测量工作的信息以及预计的轮辋类型。数个模式查询器 (Several Model Finder) 步骤将定位轮胎的螺栓圆周, 并验证预期的设计类型。随后, 基于模式查询器所提供的计算数据计算轮辋的位置及方向。

TCP/IP 连接确保了智能相机与 PLC 之间的通信。使用 TextWriter 及 ImageWriter 步骤可将结果和图片存储到共享的网络文件夹中, 远程维护人员即可由此下载数据用于故障分析。

系统必须能处理重叠在一起、但采用不同设计和颜色组合的轮辋。一个基于 Matrox 的几何模型查询器 (Geometric Model Finder) 与计量步骤算法, 被用于某些只属于前端轮辋的指示特性, 而不管其他后面的轮辋的有关性能。

除了确保使用 2D 相机能实现可靠的深度检测外, 另外的一些挑战还包括需要针对图像采集、组装线每一侧的模式查询器及每个轮辋类型进行不同设置。

2009 年夏天, 奥地利 Magna Steyr 汽车公司配备了该组装系统用于安装 BMW X3 轮胎。2010 年夏天, Magna Steyr 公司改装了组装线, 调整了不同的轮辋设计, 使其适用于新的 Mini Countryman 车型。□





## LED照明

# LED 照明满足纸病检测应用需求

在纸病检测应用中，高性能LED线性光源正在取代传统的照明系统。

Andrew Wilson

对于机器视觉系统设计师而言，在纸质、铝质及纺织类产品的制造过程中，在线检测产品质量是一项极富挑战性的工作。这些产品在高速运转的生产线上制造，因此，在线检测系统必须能够检测并分类各种不同的缺陷，通常不同的缺陷具有不同的散射特性。

在纸病检测系统中，需要配备能够分辨所有细节的超高速黑白或彩色线性扫描仪或 TDI 相机。而高速相机在工作过程中，像素积分时间非常快，这就要求被检测的产品要使用高密度光源照明。

在很多系统中，被检测产品常用的照明光源有日光灯、光纤耦合卤素灯或金属卤素灯。虽然日光灯确实是一种低成本的照明选择，但是日光灯整个灯管的照明亮度并不均匀，并且其发射的光谱也难以控制。

对于需要增加亮度的系统，将基于光纤的线性光源与光纤耦合卤素灯或金属卤素灯联合使用，是系统开发人员的一种选择方案。这些光源的好处在于，当从远处光源传输光时，光纤线性光源不会辐射热量。对于在生产 and 检测过程中易受温度变化影响的产品检测而言，这一点尤为重要。但在该光源的生命周期内，光纤光源的色温可能会改变，如替换光源则需要重新校准系统。



图1：先进的ELI37系列照明线性光源，提供了从紫外到红外的不同波长选择范围，其长度为3~96英寸。

为了应对上述挑战，大多数机器视觉照明供应商希望使用“以LED作光源的模块化线性光源”取代传统的照明系统。在在线机器视觉检测系统中，高亮度线性光源具有诸多明显优势。

第一，LED光源的使用寿命通常为50,000小时或更长，远胜于传统的日光灯、卤素灯或金属卤素灯。第二，因为独立的LED或裸片可以在整个照明器中使用，因此LED线性光源可以在其照明范围内保持均匀照明。第三，LED可提供不同的波长，因此LED光源既可以用在需要宽带宽的照明系统中，也可以用在需要窄带宽的照明系统中，如紫外(UV)或红外(IR)区域。

## 同轴及离轴

与其他类型的照明系统一样，在纸病检测系统中线性光源和线性扫描

相机的选择，很大程度上取决于被检测的材料类型。光源可以配置成明视场、暗视场或某些情况下的背部照明系统。

在明视场照明中，线性光源与相机保持同轴，从而将所有与传感器平行的表面反射的光直接反射回相机。与传感器不平行的表面所反射的光，将在成像时显示为黑色。

定向的明视场照明可以用于提花纸检测等应用中，可以检查出通常难以察觉到的表面结构问题。在另外一些应用中，如检测铝箔，暗视场照明可以显示出表面的任何不规则问题，

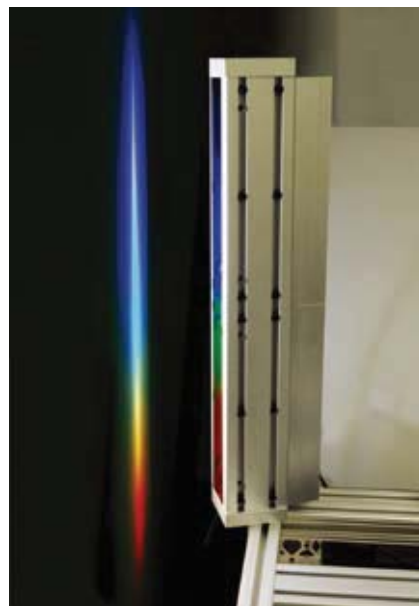


图2：Metaphase Technologies公司最新的线性光源Gen4 Ultimate提供从紫外到红外的各种波长选择，同时还提供RGB版本，能用470nm、530nm及625nm波长的光照明被检测的目标产品。





如可能存在的裂缝、凹陷及划痕等。

在这类应用中,线性光以小角度入射到产品表面。如果产品表面有凹陷或划痕等瑕疵存在,入射光将被散射,并会在其他暗背景上出现亮区域。由于反射光的密度相对较低,因此在高速纸病检测系统中,通常会选用亮度非常高的LED线性光源配合基于TDI的线性扫描相机一起使用。

对于孔眼等瑕疵的识别,可以用线性光照亮材料的背面。通过在被检测产品的反面安装相机,这些瑕疵便会在视觉系统中以亮斑的形式呈现。线性光源的定位非常重要,同时,为特定的应用选取线性光源也很重要。为此,系统集成商必须充分有效地对比机器视觉系统捕捉到的图像。

在提花纸的检测应用中,在明场中选择高度聚焦的线性光源,可以获得最佳的对比度。另一方面,对于具有中等反射率的材料,在暗视场中使用漫反射线性光源则是更好的选择。

## 不同的色彩

增加对比度的另一种方法是确定照亮被检测材料所需要的光的最佳波长。同样,这在很大程度上取决于被检测材料的性质及需要检测的瑕疵类型。通过了解被检测产品的光谱特性,系统开发人员可以选择特定波长的光,增加捕捉到的图像的对比度。

当使用的照明光和被检测对象的颜色相同时,会令其在视觉系统中看起来更亮,反之亦然。因此,线性光源供应商提供多种波长选择,从紫外光、绿光、红光、蓝光到红外光。选择正确的光源频率可以提升捕捉到的图像的对比度。同时,精心选择光谱也可以提高捕捉到的图像的分辨率,因为更短的波长能更清晰地显现成像

细节。

通常,标准线性光源产品既提供标准长度,也提供模块化配置。先进的EL137系列线性照明光源,提供了从紫外到红外的不同波长选择范围,其长度范围为3~96英寸(如图1)。使用不同的光学镜头,可以实现50~1200mm的工作距离。

为了增加纸病检测应用中瑕疵的对比度,有必要使用不同频率的光照明被检测的材料。使用RGB线性光源,开发人员可以动态改变光的频率,从而在不需要部署多个线性光源的情况下,增加图像的对比度和分辨率。

Metaphase Technologies公司最新的线性光源Gen4 Ultimate提供从紫外到红外的各种波长选择,同时还提供RGB版本,能用470nm、530nm及625nm波长的光照明被检测的目标产品(如图2)。与该公司的通用LED控制器(ULC-2)一起使用,可以独立控制线性光源的模块化选项。

## 主动冷却与被动冷却

不同于使用卤素灯或金属卤素灯的“低温”光纤线性光源,LED线性光源通常要采用被动或主动冷却,以确保在降低被检测产品辐射热量的同时,保持特定的色温。因为LED的使用寿命与其结温有关,因此大多数制造商都在光源产品中集成了热沉或



图3: Moritex公司为其HB-LED线性光源提供主动和被动空气冷却以及水冷选择。模块化设计能以120~150mm的增量实现120~3000mm的长度。



图4: Gardasoft公司的VLX系列线性光源,既可实现37mm的短工作距离,也能实现90~150mm的较长工作距离。

使用空气或水冷方式,以实现被动或主动冷却。

Moritex公司为其HB-LED线性光源提供主动和被动空气冷却以及水冷选择。其模块化设计能以120mm或150mm的增量实现120~3000mm的长度(如图3)。对LED温度的持续控制和监测,可以防止单个LED过热,进而确保系统安全运行。

因为这些线性光源必须适应不同的工作距离,因此很多供应商提供了不同的聚焦透镜。Gardasoft公司的VLX系列线性光源,既可实现37mm的短工作距离,也能实现90~150mm的较长工作距离(如图4)。对于具有反射性或类似镜面的表面,可在透镜上添加一个额外的全息扩散膜,以进一步增强光的线性属性。值得一提的是,VLX线性光源令系统开发人员可以在光的任一端提高光密度,在整个被检测产品上投射出真正的平场光。

因为具有不同的频率范围,目前线性光源可为系统开发人员提供模块化产品,这些模块化产品具有较长的失效前平均时间(MTBF),在倍频下具有均匀的照明。因此,它们正在快速取代传统的日光灯、卤素灯及金属卤素灯照明源,成为纸病检测应用中牢固可靠的光源替换方案。□





## 高光谱成像

# 高光谱成像视觉系统助力光谱特性分析

基于高光谱相机的机器视觉系统，可以实时地为密集型分析应用重构图像。

Andrew Wilson

在众多视觉应用中，只需要捕捉和处理灰度图像即可。知道了每个像素在 x、y 坐标空间的位置、以及每点的灰度值，再利用边缘检测及 Blob 分析 (Blob analysis) 等功能，即可检测出图像内部的特性。

然而，但在某些特定的生物医学、工业、军事及机器视觉应用中，不仅要知道每个像素在 x、y 坐标空间中的强度，而且还要知道其波长。例如生物医学图像分析、碳氢气体分析以及军事成像等应用，都受益于光谱成像分析。收集到的数据用以识别荧光团、量化特定气体或根据已知的光谱特征探测图像中的目标对象。

## 不断优化的系统

很多方法可以用于构建高光谱成像系统。其中最为简单的方法是，将彩色滤光片转盘 (Color Filter Wheel) 与单色相机配合使用，以不同频率捕捉同一场景的不同图像。美国爱丽色公司 (X-Rite) 的 VeriColor Spectro 分光光度计，使用的转盘具有 31 个特定的干涉滤光片，这些滤光片在观测用光学器件与校准的光学传感器之间旋转，以捕捉多光谱图像。

Resonon 公司则使用不同的方法实现多光谱成像。Resonon 在其 Pika II 数字 FireWire 成像分光仪中的窄线性缝隙中，放置了一个衍射光栅，在

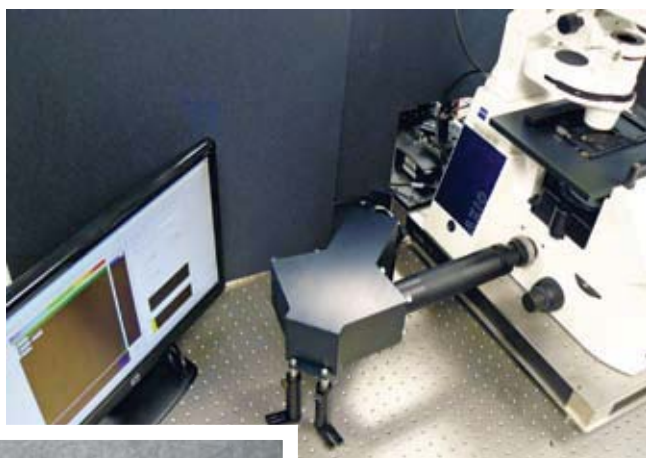
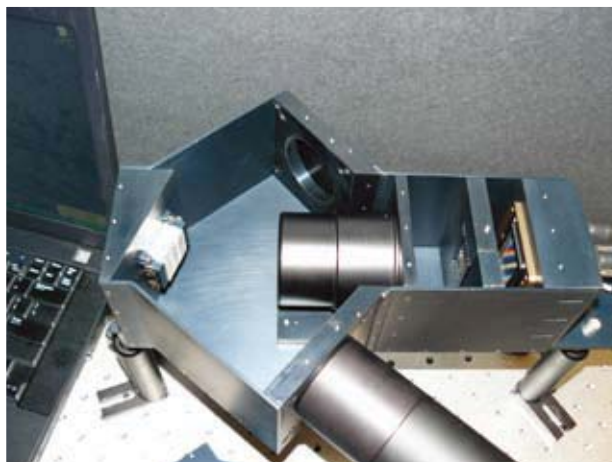


图1: Rebellion Photonics公司研制的高光谱相机，借助光学技术提升了数据采集速率。该公司的首款产品Arrow，能以快至7帧/秒的速度捕获并显示500×500×40像素的图像。

件和透镜，制造出了高光谱成像仪。

## 立方体方法

在最新的进展中，Rebellion Photonics 公司设计的高光谱相机，采用多孔

径光学技术，可以极大提升光谱成像器件的光效率，并能在快照模式下获得大幅面光谱图像 (如图1)。该公司的首款产品——Arrow，能以快至7帧/秒的速度捕捉到500×500×40像素的图像。

数据立方体图像中每个500×500的像素，均包含40个不同的光谱通道，这些通道能以1~10nm的光谱带宽数字化400~800nm的可见光谱。

每个读出帧间，即可沿着目标对象描绘出1维图线。因为Pika II采用了推扫模式，在传送带上移动的目标对象，可以被实时成像并数字化。

最近发展的一些高光谱成像方法，不但能降低系统组件的成本，而且还能以更快的速度捕捉高光谱图像。例如，IMEC利用固定的光学楔形结构 (该结构可在成像仪上后续处理)，取代了过去分散的相机元





## 购买 Lightwave新出版的 收发器/转发器 调查报告

# 收发器买家 在2011年 将更换供应商的 3大理由是什么？

Lightwave 的  
2010 收发器/转发器  
调查报告告诉你答案

立刻购买吧！

Lightwave 新出版的收发器/转发器买家调查报告独家详细评估了技术开发者、运营商和最终用户的收发器/转发器采购计划和采购依据。

如果你销售收发器/转发器，你将从报告中了解到：

- 最可能影响你的客户放弃你而选择其它供应商的三个因素。
- 收发器/转发器买家是否将你的公司列为一、二线供应商或三线供应商。
- 哪些供应商在最多买家的2011采购短名单中。

如果你采购收发器/转发器，你将从报告中了解到：

- 当你要将先进的收发器技术用于自己的设计中时，你是落后于还是超前于业界平均水平。
- 你的同行如何评价最知名的收发器/转发器供应商。
- 你的供应商评估依据是否比竞争对手的更好。

更多信息包括内容提要、目录和订购信息请访问  
[www.lightwaveonline.com/education/research/](http://www.lightwaveonline.com/education/research/)

**LIGHTWAVE®**  
[lightwaveonline.com](http://lightwaveonline.com)

今天就立刻购买  
Lightwave的最新收发器/转发器  
调查报告吧。



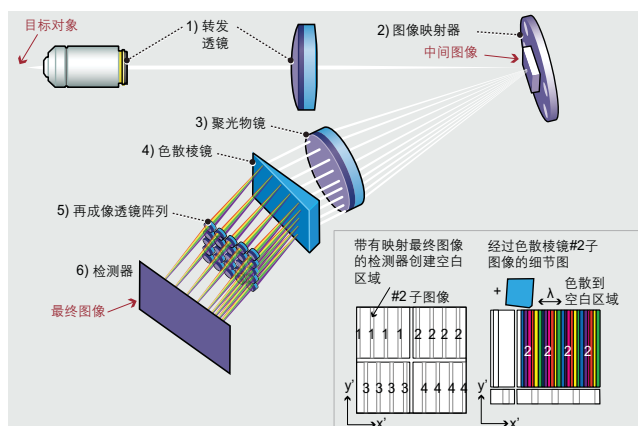


图2: 图像映射器由数百个微镜面组成, 这些微镜面将原有图像中的光重新映射到一个由40个子成像器组成的阵列中。将子图像域分割为条状, 子图像的每条线间将存在空白区域。这些子图像透过色散棱镜, 传播于图像中每个像素值的光谱信息。以这种方式即可获得每个像素的频率信息。

由于棱镜的非线性色散, 光谱在光谱蓝色端的传播, 要远大于在光谱红色端的传播。采样40个通道中的光谱, 可以得到  $500(x) \times 500(y) \times 40(z)$  的数据立方体, 其深度或Z坐标在图像中代表相应像素的波长。

在系统设计中, 图像先被转发到图像映射器上。图像映射器由数百个微镜面组成, 这些微镜面将原有图像中每个  $x, y$  坐标位置的光, 重新映射到一个由40个子成像仪组成的阵列中 (如图2)。将图像分割为窄线、并将这些线延展开, 从而将每个子图像域条状化, 这样子图像的每条线间将出现空白区域。由此目标对象将成为一组窄线的集合, 通过重新成像, 分隔开的线穿过色散棱镜, 通过2D检测器即可捕获到目标对象中每条线的光谱信息。

随后, Imperx 公司提供的 Bobcat 16Mpixel Camera Link 相机将捕捉数据。通过对相机中使用的 Kodak KAI-16000 行间转移 CCD 图像传感器进行超频设置, 即能以高达7帧/秒的速率记录下  $500 \times 500 \times 40$  像素的数据立方体图像。

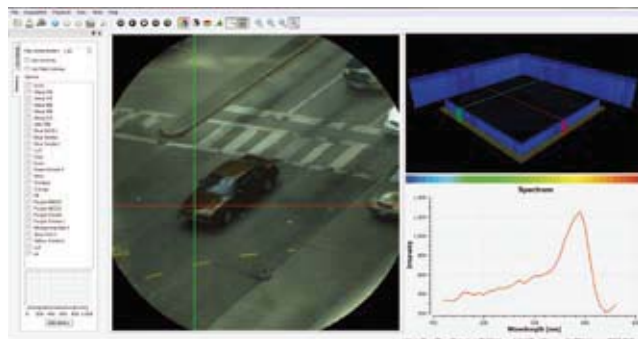


图3: 为了实时地重构高光谱数据立方图像, 可以使用Nvidia图形处理器处理和渲染捕获到的图像数据。

通过 Camera Link 接口可传输被捕获的图像, 为了实时地重构高光谱数据立方体图像, 可以使用 Nvidia 图形处理器及 Rebellion Photonics 公司开发的软件, 处理和渲染所捕获到的图像数据 (如图3)。

为了识别不同光谱带宽下的电磁波谱特性, 可以将不同的棱镜阵列插入到多光谱相机中。如对于可视化成像应用, Rebellion Photonics 公司的 Arrow 产品允许在400~800nm的光谱上对40个光谱通道采样, 每个通道的平均带宽可达10nm。替换棱镜阵列可以令同一仪器在450~650nm的光谱范围内工作, 实现5nm的平均带宽。

由于采用快照模式, Arrow 展现了前所未有的光收集效率, 这对生物医学成像领域无疑是一个重要优势, 而对于远程遥感应用它可以发挥更大功用。为此 Rebellion Photonics 公司已经开始研发用于红外光谱段、旨在实现碳氢气体云监测及军事成像应用的快照式光谱成像仪。

据 Rebellion Photonics 公司的 Robert Kester 博士介绍, 该公司已经对“为石油和天然气钻塔运营商提供相机系统”很感兴趣。“具有爆炸性的碳氢化合物泄露, 对精炼厂和石油钻塔而言是一直存在的瞬间性威胁。如果不能尽早检测到泄露, 聚集起来的危险云团在到达特定浓度值时便会引发引爆。”

“目前, 泄露检测的主要方法是在不同位置安装定点检测器, 测量压力及特殊的化学物质浓度。这些传统的定点检测器可能无法发挥效用, 因为它们不能对工厂及钻塔内的化学环境给出完整而精确的预报。” Kester 表示, “采用 Arrow 系统, 一台相机能够覆盖设备内的大部分区域, 这相当于数千个线状检测器同时工作。区域性覆盖本身就比单一点的检测或传感网络更为可靠, 为此也可以降低误报率。” □

## 公司信息

### IMEC

勒芬, 比利时  
[www.imec.be](http://www.imec.be)

### Imperx

波卡拉顿, 美国佛罗里达州棕榈滩县  
[www.imperx.com](http://www.imperx.com)

### Nvidia

圣克拉拉, 美国加利福尼亚州  
[www.nvidia.com](http://www.nvidia.com)

### Rebellion Photonics

休斯顿, 美国得克萨斯州港市  
<http://rebellionphotonics.com>

### Resonon

波兹曼, 美国蒙大拿州  
[www.resonon.com](http://www.resonon.com)

### Saber1 Technologies

马萨诸塞州, 美国  
[www.saber1.com](http://www.saber1.com)

### X-Rite

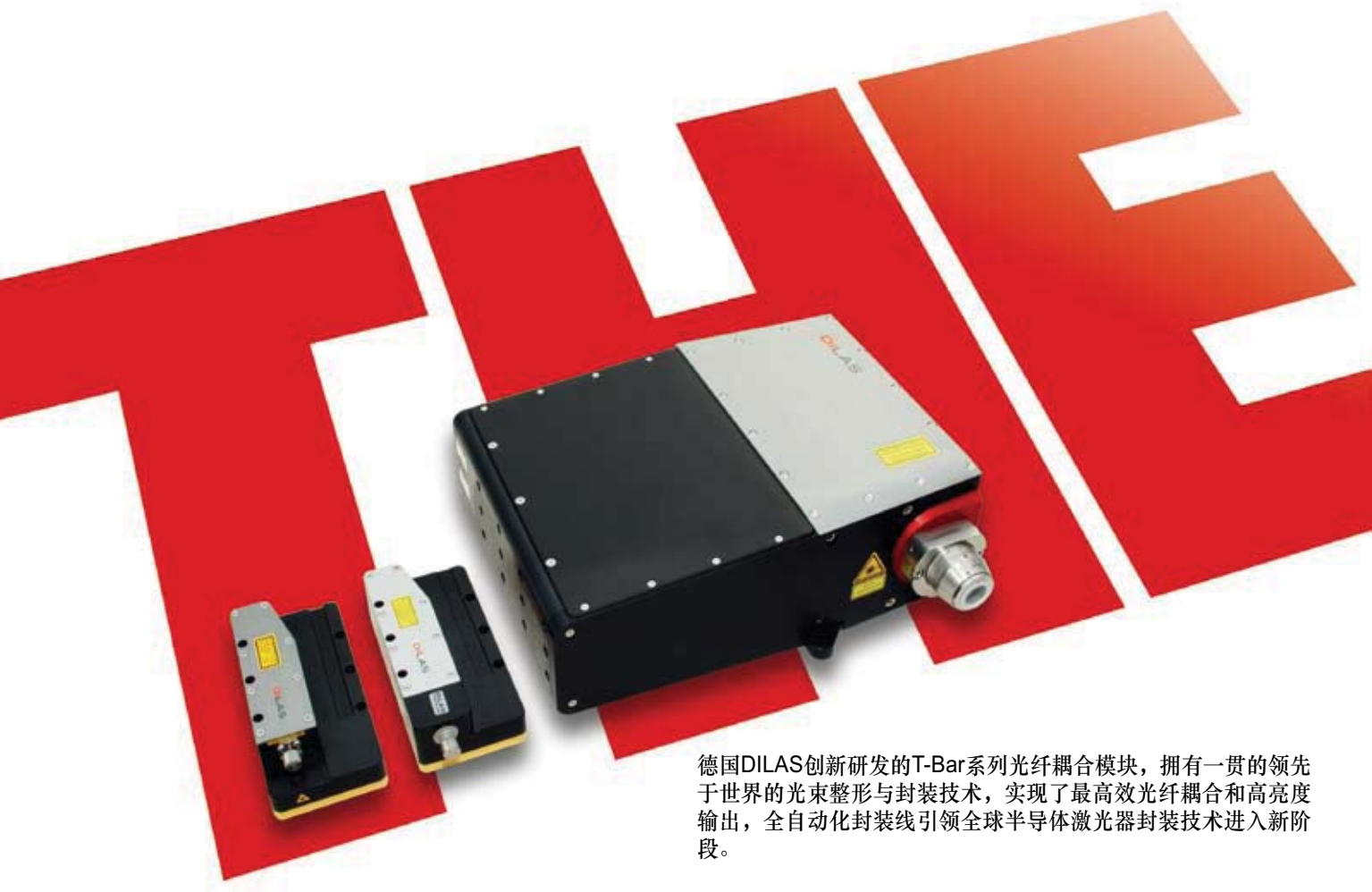
大急流城, 美国密歇根州  
[www.xrite.com](http://www.xrite.com)





# 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。200W模块尺寸仅为130 x 65 x 39 mm<sup>3</sup>，重量仅905g。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。

2012年3月20日-22日，即将在上海新国际博览中心举办的慕尼黑上海光博会中，DILAS展位号W1 1602，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**





## 技术趋势

# 智能相机测量塑料与玻璃品制造过程中的应力

在玻璃和塑料制品的生产过程中，熔融的玻璃或塑料聚合物被塑模、热成型或挤压以形成最终想要的产品。在这个加工过程中，冷却速率的不一致、污染物、或是机械处理系统都将可能对正在加工的产品产生应力。这种外加的应力将会降低成形产品的质量，从而导致废料或不合格产品增多。

通过在生产过程中测量这种应力，制造商可以识别并减少应力的潜在来源。现在，应力分析

是通过偏光器或应变观测器来执行的。目标物体用装有偏光镜的白色光源照明。

当偏振光通过塑料或玻璃时，光线分离成两个波前，每个波前以不同的速度传输。通过旋转第二个偏振滤波器（其作为目标物体前的一个分析仪），以任何给定的分析仪旋转角度通过的两束波产生干涉，导致一个颜色频谱。这种颜色频谱可以用来衡量目标物体内的应力，因为每种颜色带与物体中的应力程度相互关联。

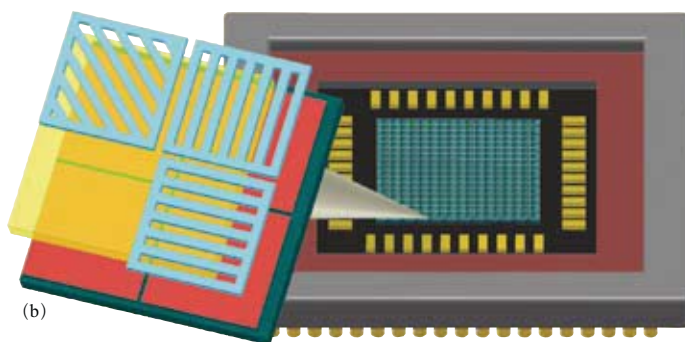
在工业环境中，检测这种应力有助于生产监控、设计优化，以及最终

产品的检验。虽然用偏振光照亮目标物体可能比较容易，但是在镜头前旋转偏光镜捕捉到应力模式的过程则具有更大的挑战性。

认识到这一点后，德国弗劳恩霍夫集成电路研究所的研究人员，已经使用一个定制传感器开发出了称为

直接用于测量与目标物体的应力相关的偏振。

为了计算这种应力，需要测量每个像素方向的电场的电压振幅。通过测量这些电压振幅，就可以使用 Stokes 参数计算出波的偏振状态。一旦计算出偏振状态后，对输出进行颜



图：a) 德国弗劳恩霍夫集成电路研究所的研究人员已经使用一个定制传感器开发出了称为Polka的相机，用于取代传统偏光器中使用的分析仪。b) 为实现这一目标，一个传统的具有 $1120 \times 512$ 像素的CMOS图像传感器被一个 $2 \times 2$ 的偏光滤波器阵列所覆盖。

Polka 的相机，以取代传统偏光器中使用的分析仪（如图）。传统的具有 $1120 \times 512$ 像素的CMOS图像传感器，被一个 $2 \times 2$ 矩阵的偏光滤波器覆盖。这些基于像素的滤波器，对入射的偏振光进行采样，这些光分别以 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 和 $90^\circ$ 的入射角通过被检测的目标物体。第四个未经过滤的像素的输出，用于补偿在 $2 \times 2$ 像素阵列通道之间发生的串扰。

由于滤光器阵列面向三个不同的角度，因此消除了之前的偏振镜中存在的机械旋转。这实现了一个具有 $560 \times 256$ 超像素成像仪的相机，其可

色编码，以产生一种与被测目标物体所受的应力相互匹配的颜色模式。

Polka 相机具有 55dB 的动态范围，能以高达 250 帧/秒的速率捕获图像。随后，被捕获的图像在相机中进行动态色彩编码，并通过一个千兆以太网接口传输和显示。

研究人员表示，迄今为止，Polka 相机只能显示目标物体内的相对应力水平，绝对应力测量可以通过软件实现。目前，弗劳恩霍夫研究所尚未计划将该相机推向市场，但是其正在寻找授权合作伙伴将该技术商业化。□





## 中红外传感

# 分布反馈式激光二极管将碳氢化合物传感扩展至 $3\mu\text{m}$ 以外

在波长超出  $3\mu\text{m}$  的范围内，具有单模调谐能力的分布反馈式激光二极管，能够拓展可调谐二极管激光光谱学的碳氢化合物传感应用。

Lars Hildebrandt, Lars Nahle; Nanoplus 公司

**可**调谐二极管激光光谱学 (TDL) 在气体成分分析应用中是一种多功能技术。例如，可以利用每种气体的独特吸收特征，精确地确定被分析气体的成分和各成分的浓度。然而，对于特定的气体传感应用，可调谐二极管激光光谱学极其依赖于是否有合适的激光光源。输出波长接近  $3\mu\text{m}$  的近红外 (NIR) 波段的单模分布反馈式 (DFB) 激光二极管，已经在诸多工业领域获得了成功应用，这些应用中涉及的气体包括水蒸气 ( $\text{H}_2\text{O}$ )、一氧化碳 ( $\text{CO}$ )、二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ ) 以及氨气 ( $\text{NH}_3$ )。

直到最近，市场上尚没有面向可调谐二极管激光光谱学应用的、波长超过  $3\mu\text{m}$  极限的应用级单模激光器，这对传感应用形成了巨大的限制，特别是碳氢化合物探测应用。许多碳氢化合物在  $3.0\sim 3.5\mu\text{m}$  的中红外 (MIR) 波段具有强大的吸收特性，并且它们的基本吸收带也位于这个波段 (见图 1)<sup>[1]</sup>。在这种情况下使用可调谐二极管激光光谱学，获得的谱线强度通常比相应的近红外吸收大几个数量级，从而使得碳氢化合物检测实现之前无法达到的精度。

碳氢化合物最有趣的应用之一是在石油化工行业中用于精确的流程控

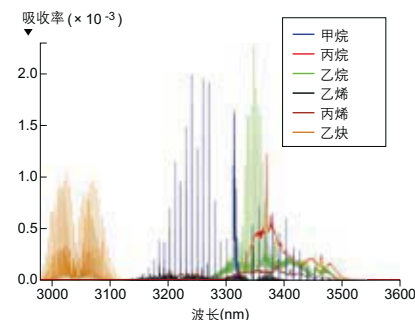


图1：一些碳氢化合物在  $3.0\sim 3.6\mu\text{m}$  的中红外波段的吸收谱线。

制，以实现更高的能源效率、减少污染物排放。与当前使用的气相色谱分析等技术相比，在中红外波段对碳氢化合物使用激光光谱学分析法的一个主要优势是：有可能实现实时分析。得益于最近 Nanoplus 公司在 SensHy ([www.senshy.eu](http://www.senshy.eu)) 这一欧洲项目中所取得的进展，目前适用于  $3.0\sim 3.5\mu\text{m}$  中红外波段的高灵敏度 TDL 碳氢化合物探测的应用级 DFB 激光



图2：采用  $100\text{kV}$  电子束光刻系统制造横向耦合的 DFB 激光二极管，该 DFB 激光二极管具有金属光栅结构以及厚的镀金层 (如插图所示)。

器，已经实现商用。

## DFB 激光器技术

Nanoplus 公司的单模 DFB 激光二极管，采用了一种基于横向金属光栅结构<sup>[2]</sup>的专有技术。尺寸为  $100\text{nm}$  级的光栅，紧邻脊型波导结构的侧壁，脊型波导机构使用高精度电子束光刻技术刻蚀而成 (见图 2)<sup>[3]</sup>。然后通过金属蒸发工艺形成反馈结构，最终实现 DFB 激光器件。

这种颇具成本效益的 DFB 激光二极管制造方法，已经使用了超过十年之久。这种方法消除了器件层的外延生长需求，从而避免了有源区附近的刻图引起的缺陷所导致的激光器性能降低。目前，Nanoplus 公司已经推出了工作波长达  $3.5\mu\text{m}$  (中红外波段) 的应用级 DFB 激光二极管的商业化产品。

为了优化 DFB 激光二极管在可调谐激光光谱学应用中的性能，其在制造过程中使用了一种基于嵌入到五进制势垒材料 (quinary barrier material) 中的有源 I 类量子阱的外延工艺。此外，基于此种材料的 DFB 器件加工专门为了实现高性能；也就是说，激光脊状波导被一个具有高热传导率的金层所



**A & P INSTRUMENT®**  
**科艺仪器**  
www.anpico.com  
**专业 · 品质 · 服务**

**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**

3月20日-22日 慕尼黑上海光博会  
**LASER World of PHOTONICS CHINA**  
SOLUTIONS in LIGHT  
欢迎莅临我们的展位: **W1, 1606**



### 高速光电探测器

- 使用PIN光电二极管和反向偏压
- BNC或SMA的输出接口
- 可与用于光纤尾纤光源的FC光纤连接器配合使用
- 适用于各种脉宽测量及分析应用



### 法拉第旋转器/隔离器

- 有自由空间型和尾纤型可选
- 可定制不同功率、有效孔径和不同波长的旋转器/隔离器
- 广泛应用于对于返回光极敏感的光学系统中, 如多级激光放大器、光参量振荡器、种子注入型激光器等。



### 半导体泵浦固体激光模块

- 连续和准连续泵浦
- YAG, YLF, YVO<sub>4</sub> 晶体可供选择
- 最大连续输出功率 650 W
- 超过 250 种配置可选



### DPSS 激光器系统

- 完整配套的半导体泵浦激光器系统
- 最大 300 安培的准连续驱动能力
- 可提供客货的激光器系统定制服务

**NORTHROP GRUMMAN**

Cutting Edge Optonics

### 中红外激光器 (Mid-IR: 3-20μm)



#### Aries™ 大功率科研用中红外激光器

- 固定波长, 中心波长4.63μm
- 连续或脉冲操作模式
- 峰值功率可达2W
- 风冷



#### Über Tuner™ 宽范围可调谐激光器

- 波长范围3.2-12.2μm
- 脉冲操作模式
- 峰值功率可达400 mW
- 线宽<1 cm-1 FWHM

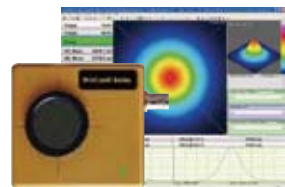


#### 高功率, 多波长系列

- 工业领域, 如打标、电阻微调等
- 医疗领域, 如激光手术等
- 国防领域, 如爆炸物检测等

### 光测试和分析

**DataRay**



WinCamD™ 系列激光光束分析相机



高分辨率激光光束分析仪



高分辨率激光光束分析仪

科艺仪器为以下品牌提供销售及其服务

产品咨询热线 ☎ 400-886-0017

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

香港 · HONGKONG  
T: (852) 27556578  
F: (852) 27554549  
info@anp.com.hk

北京 · BEIJING  
T: (010) 62074835  
F: (010) 62077434  
anpbj@anpico.com

上海 · SHANGHAI  
T: (021) 55233800  
F: (021) 55233811  
anpsh@anpico.com

广州 · GUANGZHOU  
T: (020) 81082921  
F: (020) 81083901  
anpgz@anpico.com

深圳 · SHENZHEN  
T: (0755) 82202428  
F: (0755) 82202438  
anpsz@anpico.com

成都 · CHENGDU  
T: (028) 85216348  
F: (028) 85242667  
anpcd@anpico.com

武汉 · WUHAN  
T: (027) 87591299  
F: (027) 87591239  
anpwh@anpico.com

台北 · TAIWAN  
T: (886) 229531646  
F: (886) 229539863  
anptw@anpico.com.hk

新加坡 · SINGAPORE  
T: (65) 62413359  
F: (65) 90900909  
anpsg@anpico.com.hk

## 应用天地

## Applications

围绕,以此改善散热性能,同时还配备了一种具有高反射性的背面金属镀层,用以提高光输出效率(如图2插图所示)。

长波长DFB器件能够很好地满足可调谐二极管激光光谱学传感领域中特定应用的需求,其通常被安装在具有内部温度控制器的TO标头(header)上。在干燥的氮气环境中对标头进行密封,能得到已封装好的可用DFB激光器件,该器件通常具有蓝宝石发射窗口。

超过 $3\mu\text{m}$ 的碳氢化合物探测

对于 $3.36\mu\text{m}$ 的DFB器件(见图3)而言,在Peltier控制的不同芯片温度下,典型的L-I曲线表明其在室温下的连续波运作性能,与工作在较短波长处器件的性能相当,输出功率为毫瓦级。DFB器件将边侧模式(side mode)降低了超过40dB(如在 $10^\circ\text{C}$ 、 $160\text{mA}$ 的单模运作,如图3插图所示),这使它非常适用于精确的可调谐二极管激光光谱学传感应用。

通过调整Peltier控制的芯片温度,该激光器的DFB发射波长,可以粗糙地调节到指定应用想要的值,调节速度约为 $0.28\text{nm/K}$ 。单吸收谱线及其形状可以通过发射波长的电流调制(约 $0.025\text{nm/mA}$ )进行高精度、高速扫描,从而检测出在气体在若干纳米范围内的吸收特性。

在一个应用实例中,使用 $3.06\mu\text{m}$ 的DFB激光器获得了乙炔( $\text{C}_2\text{H}_2$ )的可调谐二极管激光光谱。在制造乙烯( $\text{C}_2\text{H}_4$ )这一世界上产量最大的碳氢化合物的分馏过程中,乙炔被用作一种掺杂材料。因此,高度精确地监控乙炔含量以确保一定的掺杂量、进而确保所制造的乙烯的质量,是非常

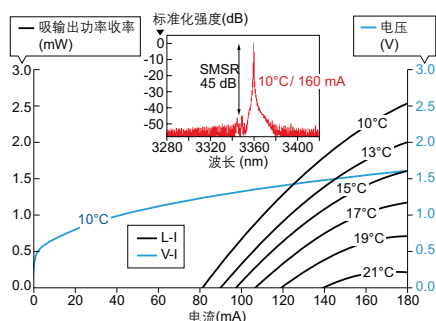


图3: 在不同芯片温度下,DFB激光器在 $3.36\mu\text{m}$ 波长处以连续波模式运作的L-I和V-I特征曲线。插图显示了该激光器在 $10^\circ\text{C}$ 、 $160\text{mA}$ 条件下的光谱。

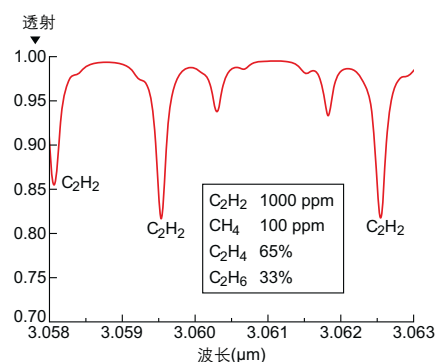


图4: 在氢化反应器中的碳氢化合物背景气体中,计算所得的 $1000\text{ppm}$ 乙炔的吸收光谱。

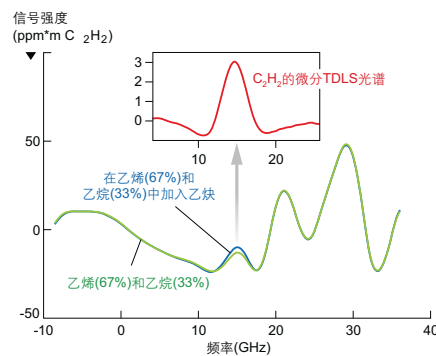
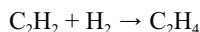


图5: 激光束分别通过 $15\text{cm}$ 长填充碳氢化合物背景气体的独立反应器(绿色)、和添加一定浓度乙炔的反应器(蓝色)后的信号强度对比。插图为乙炔的微分可调谐二极管激光光谱。

重要的。

乙炔成分可通过以下反应过程移除,这一过程是将乙炔转换为乙烯的氢化过程:



为了避免乙炔的不完全转化,或者发生不想要的乙烯( $\text{C}_2\text{H}_4$ )继续转

化到乙烷( $\text{C}_2\text{H}_6$ ),可以通过实时监控 $\text{C}_2\text{H}_2$ 的浓度确定氢化过程的最佳条件。

通过光谱分析获知,乙炔的吸收谱线约在 $3.06\mu\text{m}$ 处,它是独立的,不受氢化反应器中碳氢化合物背景气体(65%的 $\text{C}_2\text{H}_4$ 、33%的 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $100\text{ppm}$ 的 $\text{CH}_4$ )干扰吸收的影响。在温度为 $25^\circ\text{C}$ 、反应长度为 $10\text{cm}$ 的环境中,乙炔含量为 $1000\text{ppm}$ ,计算所得的吸收光谱显示这一波长区域可用于乙炔监控(见图4)。<sup>[1]</sup>

在实验过程中,DFB激光器的温度设定为 $10^\circ\text{C}$ ,以确保乙炔在 $3059.56\text{nm}$ 波长附近最强的吸收谱线。通过以 $6\text{kHz}$ 的频率在 $143\sim 156\text{mA}$ 之间调节激光器的电流,来实现波长调制。将激光束分别入射到填充了碳氢化合物反应气体的长度为 $15\text{cm}$ 的独立吸收单元、以及添加了一定浓度乙炔的反应器,比较探测到的两个信号强度(见图5)<sup>[1]</sup>。将两个信号相减,得出乙炔在探测浓度为 $3\text{ppm}\cdot\text{m}$ 时的微分可调谐二极管激光光谱,从而可实现特殊氢化过程的高精度控制。

除了用于石油化工行业中的碳氢化合物传感之外,基于DFB激光器的可调谐二极管激光光谱学在实时监控爆炸气体浓度、改进工作场所安全性方面,也拥有巨大的应用潜力,例如用于工业场所和私人场所气体泄漏的早期探测,所有这些应用都将得益于波长较长的中红外DFB器件的发展。□

## 参考文献:

1. P. Kluczynski et al., Appl. Phys. B: Lasers and Opt., 105, 2, 427–434 (2011).
2. W. Zeller et al., Sensors, 10, 2492–2510 (2010).
3. L. Nähle et al., Electron. Lett., 47, 46 (2011).



## 中国的光纤耦合专家

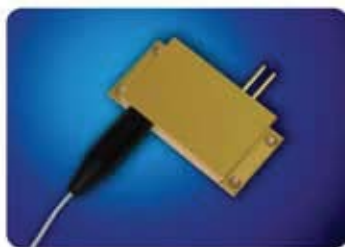


### 产品应用:

公司产品广泛用于医疗、工业加工、监控显示、科研等多个领域，并且参与了北京奥运会大屏幕激光显示、高功率光纤激光器光源供应、计算机直接制版印刷等多个国内重大项目的研发。

### 服务范围:

本公司主要提供的产品有半导体激光器组件、半导体激光器电源、半导体激光器系统、固体激光器、光学耦合器等，波长由405nm至1550nm，1mw-50W出光功率，多样的封装形式，灵活的应用解决方案和全面、专业的技术服务，满足用户个性化需求。



欢迎莅临慕尼黑上海光博会2012 2012年3月20-22日 W1.1422 上海新国际博览中心

### 北京凯普林光电科技有限公司

地址：北京市丰台区科技园航丰路甲4号6层 邮编：100070  
电话：010-83681053 传真：010-83682949  
邮箱：sales@bwt-bj.com 网址：http://www.bwt-bj.com



ISO9001:2008 certified





## 光伏应用

# 激光技术令光伏行业受益匪浅

Trumpf公司

目前,激光技术已经成为了光伏行业的一项关键技术。激光能实现低成本制造工艺,生产出高效的太阳能电池。与其他制造工艺相比,激光加工工艺更加高效,因为其不但能提高生产速度,而且还能降低生产成本,并且加工过程更加可靠。这些优势使激光加工成为了晶硅太阳能电池和薄膜太阳能电池制造的理想选择。

大型生产线的发展推动了激光工具的使用,因为投资激光技术的成本能够被快速分摊,特别是在那些正在兴建的年产能达60~100兆瓦的生产线中。激光技术通常具有以下潜在优势:

- 激光器成为首选工具,因为所有光伏材料(硅、金属、电介质)均能在正确的波长处吸收激光。
- 短波长或脉冲激光器,能确保较低的光学和热穿透深度。
- 激光采用非接触加工,使易碎材料承受最小的机械负荷,这是建立高可靠生产线的基础。
- 生产过程中的停机时间最小化,因为更换工具后无需昂贵的设置启动过程。

## 激光工具与晶硅太阳能电池的生产

在仍然占据主导地位的晶硅太阳能电池生产中,激光一直被用于晶圆切割和边缘隔离。在电池边缘不断掺杂,主要是为了防止电池的前、后端短路而引起功率损耗。在这一应用中,

激光技术已经比传统工艺具有明显优势。边缘等离子体刻蚀未能满足自动化生产的要求,是因为其磨边过程中的破损率非常高。

## 激光应用: 晶硅电池的选择性掺杂

激光技术被越来越多地用于掺杂工艺。在该过程中,激光能在太阳能电池上创造出更高的本土化掺杂分布,以提升载流子的可移动性,特别是对于接触指而言。目前,市场上至少有六种不同的掺杂工艺互相竞争,而几乎所有的工艺都是基于激光技术的。例如,在磷玻璃中扩散后,可使用一种专门设计的激光镜头在太阳能电池的表面扩散磷,整个过程温和无缺陷。这种方法能够进一步改进本地磷原子掺杂,从而提高晶圆和接触指之间的导电性。经过一系列的测试发现,在整个电池的扩散性能得到改善后,电池的效率提升了5%。

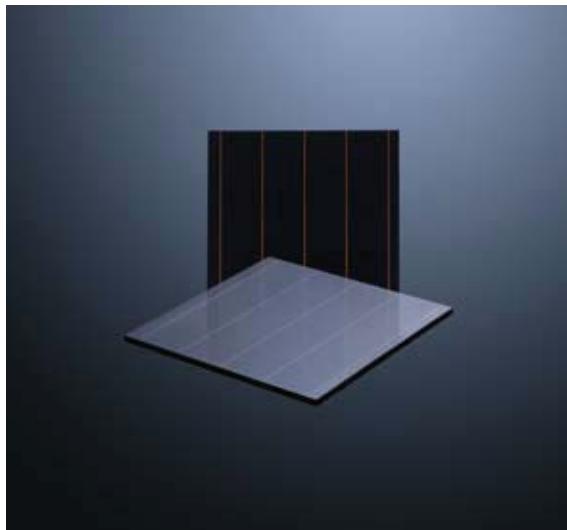
## 激光技术降低每瓦成本

激光技术还可用于

在晶硅太阳能电池上选择性烧蚀钝化层。超短脉冲激光器和高脉冲能量激光器特别适合这种应用,因为它们能提供绝佳的光束质量。碟片激光器能够满足这些要求。由于碟片激光器的激光输出具有可扩展性,因此可以实现更高的生产能力,而且超短脉冲的高光束质量能显著提高太阳能电池的效率。这使其有可能在未来大大降低



烧蚀薄膜太阳能电池



结构化太阳能电池





太阳能电池的每瓦成本。

## 未来市场：用于薄膜太阳能电池加工的激光器

薄膜太阳能电池模块在过去几年中得到了快速发展，预计未来其有望占据 20% 的市场份额。在薄膜太阳能电池模块的生产中，激光器发挥着决定性作用。激光将电池模块化并将它们连接到太阳能模块上；激光烧蚀模块以确保太阳能模块能达到要求的绝缘强度。

## 成熟的激光刻线

依靠每个层面，激光细分由薄膜硅或碲化镉制成的导电涂层和光敏涂层。这些涂层广泛应用于玻璃基板，创建的电池在加工过程中会一批批自动切换。通过这种方法，根据电池的宽度可以设置电池和模块的电压。准确、选择性和非接触式的激光加工能够可靠地集成到生产线中。所谓刻线，是将来自单个光脉冲的烧蚀串联起来，能产生大小 30~80 $\mu\text{m}$  的光斑，而在 P1 层刻线中采用脉宽几十纳秒（10~80ns）的激光烧蚀玻璃。当加工层的边缘区域被烧蚀时，部分材料被升华，蒸汽压力用于驱除被烧蚀的材料。因此，加工所需要的能量得以降低，同时还减少了对基础材料的热损耗。

## 前景展望：新型透明导电氧化物衍生物

目前，太阳能电池制造商正在试验新型导电透明氧化物（TCO 衍生物），用以实现更高效率，并提高生产率。虽然 TCO 通常采用红外激光加工，并且激光脉冲之间要有相对较高的“脉冲 - 脉冲”重叠率，但

在某些情况下，要为新的组合定义新参数。

## 皮秒的挑战：CI(G)S 模块

由  $\text{Cu(In,Ga)(S,Se)}_2$ ——也被称为 CI(G)S 制成的薄膜电池的刻线，是目前激光加工面临的一个巨大挑战。由于所用材料的缘故，CI(G)S 模块和电池的生产是一大主要挑战。如果承载基板是玻璃，那么工作材料钼在一开始刻线的阶段就要加工。但是，钼的沸点高，导热性好，并具有较高的热容量。如果热被应用到钼层上，就会导致裂缝和分层。使用纳秒激光脉冲加工不可避免地要出现这些缺陷，因此必然会造成一定程度的质量下降。光敏材料也会对导入的高热量非常敏感。硒的沸点比铜、钢、镓等金属材料的低，因此在低温时可以从黏合剂中脱离。通过“长”激光脉冲进入的热量，会导致边缘区域短路，因为没有硒的半导体转换合金。

## 边缘剥片：激光器取代喷砂法

为了保护薄膜太阳能模块免受不利环境的影响，特别是潮气的影响，在大约一厘米宽的层系统边缘进行剥片，并用迭层胶片覆盖。这能保护太阳能模块免于腐蚀以及长期短路。目前喷砂法用于烧蚀层面。尽管喷砂法投资成本低，但在加工过程中会由于磨损、清砂以及保护模块免于粉尘污染而产生高昂的后续费用。因此，激光技术是该工艺的理想选择。激光在刻线工艺中的卓越加工特点体现为完全烧蚀和平均功率的提升。加工过程

中的烧蚀速率约为 50 $\text{cm}^2/\text{s}$  甚至更高，因此生产标准大小的模块所用的时间为 30s，这是非常具有成本效益的。相比于传统的喷砂工艺，每个模块的成本从 0.45 欧元下降到了 0.16 欧元。在一个 60 兆瓦的工厂中，每年将节省大约 175,000 欧元的生产成本。

## 总结

不难看出，激光将是未来光伏行业的主要工具。随着光伏材料越来越薄、生产率越来越高，非接触式激光



TruMicro 5270

加工将具有明显优势。当决策者不仅考虑初始投资、同时还考虑总体拥有成本时，激光技术更是不二之选。使用激光技术几乎不需要加工时间，也不需要昂贵的加工评估时间，因为激光工具不会磨损。此外，在当前的激光系统中，内部监控系统均是标准的，因此在随后 24/7 的连续工作中，无需再调整参数。

通过高稳定性和巨大的输出储备所获得的最佳可重复性，为最高生产效率提供了基础。激光技术为最小化非生产性时间提供了更多选择。例如，通过时间共享，一台激光器可以一次为多个工作站服务，以便上下料期间不减少激光器的总生产率。□





# CASTECH<sup>®</sup>

福晶科技



Laser World of Photonics  
China 2012

时间: 2012年3月20-22日

Welcome to Our Booth: W1 1440

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、蓝光晶体组件
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、光通讯器件

1. 标准具
2. 光隔离器
3. 光准直器
4. 电光Q开关
5. 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 传真: 86-591-83711593  
Http://www.castech.com E-mail: sales@castech.com





## 光子学应用

## 光子学助力司法鉴定 犯罪无处匿藏

犯罪现场的取证曾经受限于破坏性化学品和实验室的繁杂程序，如今使用非破坏性光子学技术进行取证已成为可能——即使物证尺寸极小，甚至是微量级的。

Gail Overton

现在，“罪有应得”这个词或许比以往任何时候都更为真切：目前科学技术（事实上很多都是光子学或光学技术）已经达到了较为先进的水平，其能帮助司法鉴定科学家明确找到犯罪现场的嫌疑人。一旦创伤性案件中有微量体液、毛发和衣物微粒残留，或者是留下土壤或植被线索后，罪犯就不会“逍遥法外”。

众所周知，化学DNA分析已经帮助司法部门解决了许多现在的、甚至是冰封了几十年的案件。但是，你是否意识到了显微分光光度计识别微观织物样品的能力？或者激光烧蚀毛发样品能够显示角蛋白中存在的氧、氮、硫和碳的同位素比例，从而揭露一个人在不同时期的生活地点以及饮食结构吗？

诸如CSI（犯罪现场调查）、Bones（识骨追踪）和Forensic File（法证档案）之类的美剧，已经使司法鉴定科学得到了一定普及。犯罪现场的取证曾经受限于古老的、破坏性化学品和实验室的繁杂程序，如今使用基于光与激光的光学和光子学方法进行取证已成为可能——即使犯罪现场只留下微量的、或尺寸极小的物证。例如，拉曼光谱的灵敏度比中红外(IR)光谱高约十倍以上，可以在不破坏样品或不需要危险

化学品的情况下，以很高的精度明确地分析稀释过的体液。<sup>[1]</sup>

## 犯罪现场

在任何司法鉴定调查中，第一步都是犯罪现场的分析，寻找可能提供线索的液体或固体的痕迹。一个普通的“黑光灯”或紫外(UV)光（加上滤光片和护目镜以改善可视性），能够发现天然荧光的精液、阴道分泌物、尿液、汗液和唾液；而血迹的情况则有所不同：血液吸收所有的紫外波长，作为更明亮背景上的暗迹呈现。不幸的是，犯罪分子往往试图通过清理现场来隐藏任何体液痕迹，使得紫外分析无法奏效。但是高科技光子学为其提供了解决方案：红外光谱。

即使对于被稀释了100倍的血迹，红外光谱也可以作为有效的检测工具。南卡罗来纳大学的Stephen L. Morgan教授和Michael L. Myrick教授在2011年6月完成了一项美国国家司法研究所(NIJ)的基金项目，他们开发了一种用于“通过光学光谱实现犯罪现场中生物液体的快速可视化”的技术。他们指出，对于极少量的血液，使用发光氨或其他增强化学物质，如酰胺黑、荧光素或隐性结晶紫进行化学分析往往会造成错误结果。其原因是：不仅仅是血液血红蛋白中的铁、而且还有犯罪现场以及其他普通的家用材料中任何自然存在的铁，都会催化这些材料的荧光。

相比之下，傅立叶变换红外(FTIR)光谱能够以无损和非接触的方式，从平常的表面和织物的非吸收背景中检测血红蛋白在 $1650\text{cm}^{-1}$ 和 $1540\text{cm}^{-1}$ 处的强吸收。

Morgan和Myrick的仪器使用一个红外光源（辉光条或空间加热器），与传统的热红外摄像机相结合。光源经过斩光，通过锁相放大器对图像中的每个像素进行数字化处理，从而显示痕迹/无痕迹区域之间的视觉对比。探测器的响应通过组合的仿真驱动设计处理进行优化，以选择化学滤光片，从而最大化血液和无



图1：图中显示了带有由血液书写的字母的聚酯织物，“I”是全浓度的血液，而“X”、“V”、“L”和“C”分别是由稀释10倍、25倍、50倍和100倍的血液书写的。该图像是使用AC（交流）调制反射的同相探测获得的。右下角显示的是用于相位探测的反射参考信号。





## 应用天地

## Applications

血液表面之间的差别。除了使用这种热红外成像技术进行目前的血液检测之外,研究小组还致力于通过一个或多个由红外透过基底上的聚合物薄膜组成的化学滤光片来观察样本,从而将血液与其他干扰化合物区分开来(见图1)。

除红外成像和红外光谱之外,对于血迹和精液检测,拉曼光谱可以提供更好的灵敏度,而且它对犯罪现场不明微量物质的鉴定也是至关重要的。

“与红外光谱相比,拉曼光谱有几个优点,但最重要的是由于水具有低的拉曼散射,它可以用于水溶剂中。”纽约城市大学的化学教授 John R. Lombardi 说,“正如我们在某些手持式光谱仪应用中所了解的,以及如 Lombardi 所重申的,水是一种强的红外吸收体,会对红外信号产生干扰,这使得拉曼最适合生化研究。”

但 Lombardi 表示,拉曼光谱有两个明显的缺点:拉曼信号弱,以及来自荧光的干扰。幸运的是,这两个弱点都被表面增强拉曼光谱(SERS)克服了,该技术中分子被吸附在金属纳米粒子表面上(通常是银或金)。“利用 SERS,拉曼信号提高了几个数量级,同时淬灭了荧光。”Lombardi 说,“媒体已经报道了高达  $10^{14}$  的增强因子,使得单分子探测成为可能。”<sup>[2]</sup> 这使得它成为探测和鉴定微量材料的理想选择,并成为司法鉴定应用中越来越多使用 SERS 的基础。”

Lombardi 表示,通过与纽约大都会艺术博物馆、纽约警察局罪案调查实验室和约翰杰刑事司法学院

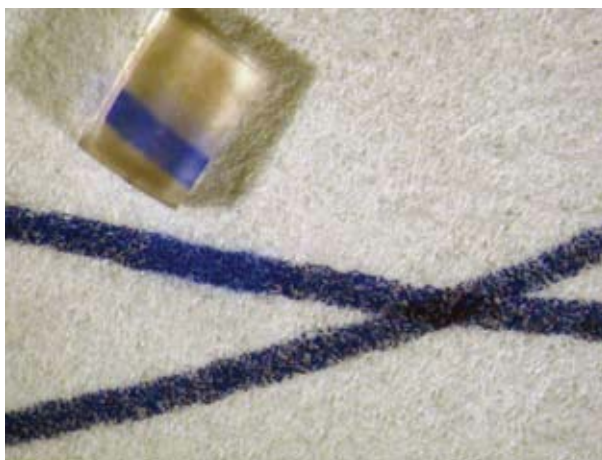


图2: 为了方便嵌入在织物中的染料的拉曼光谱鉴定,利用特殊的化学品将少量染料提取到水凝胶立方体上,同时不会对样品产生有害影响。然后染料溶解在金属纳米粒子溶液中,用于拉曼探测。

(John Jay College of Criminal Justice) 的司法鉴定科学项目同心协力,纽约城市大学已经开发出了多种技术,利用 SERS 检查司法鉴定科学感兴趣的微量物质,例如毒品、纹身油墨中使用的染料、艺术品和织物中使用的油墨和染料。<sup>[3-6]</sup> 该小组已经开发了一种类似于固相微萃取(SPME)的技术,该技术利用甲基丙烯酸酯水凝胶、1:1 的二甲基甲酰胺(DMF),以及按体积计重为 1% 的二钠乙二胺四乙酸(EDTA)水溶液,从基质中提取微量的目标着色剂(见图2)。一旦水凝胶提取到微量的染料,它便溶解在金属纳米粒子的光子学溶液中,用于 SERS 探测。

在尸检中对受控物质进行分析

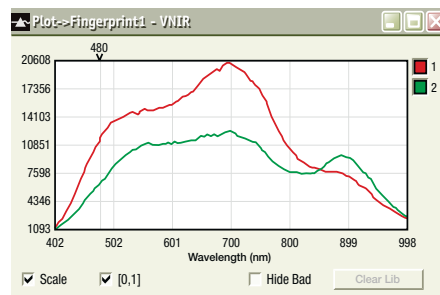
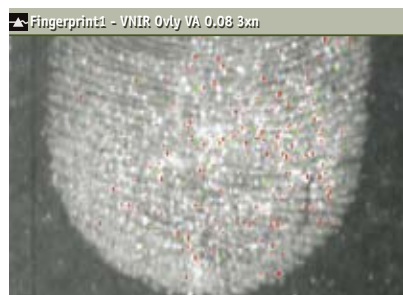


图3: 残留在指纹脊中的化合物的痕迹(左图),能够在司法鉴定调查中进行高光谱分析(右图),并与数据库中的化合物或化学品进行比对。





定,并且无需打开包装。全球の数家学术研究实验室也正在开发用于骨骼疾病和乳腺癌诊断的非侵入性筛查的 SORS 技术。<sup>[8]</sup>

### DNA 片段, 残缺的指纹

由于犯罪现场发现的往往只有稀释的血迹和微量的其他物质, DNA 材料和指纹很少是完整的。然而, DNA 片段和残缺的指纹有时足以识别个人身份, 尤其是考虑到光子学技术正在不断地发展、并在提高探测灵敏度。

2008 年, 在基于牙科记录和初步 DNA 分析的早期错误鉴定后, 一位在 1912 年的泰坦尼克号灾难中遇难, 并埋葬在加拿大新斯科舍省哈利法克斯 (Halifax, Nova Scotia) 的小男孩的身份终于揭晓了: 他的名字是 Sidney Leslie Goodwin。“通过多次重复利用毛细管电泳法来探测具有荧光标定的 DNA 标记, 即所谓的单核苷酸多态性 [SNP], 才使得正确鉴定男孩的身份成为可能,” Identifinders International 公司的司法鉴定系谱专家 Colleen Fitzpatrick 说。他还与美国武装部队 DNA 鉴定实验室一道工作,

作为科学辨认遗迹小组的一员。<sup>[9]</sup>

详细的 DNA 分析使用各种光子学方法; 主要的技术都涉及荧光。市场上的仪器, 如 Applied Biosystems 公司的 PCR 放大套件和 SNaPshot, 使用一个或多个激光光源激发特定的荧光染料、或是已连接到 DNA 链的荧光团。诸如先放大荧光信号然后再进行测量的方法, 以及其他的光子学传感器技术, 能够利用非常少量的 DNA、或 DNA 片段, 提供明确的 DNA 比对。

“高光谱传感器能够基于样品的内在化学成分, 鉴别残留在指纹脊中的物质和化合物,” Headwall Photonics 公司首席执行官 David Bannon 表示。

使用 Headwall 的光谱范围为 380~1000nm 的 Hyperspec 甚近红外 (VNIR) 图像传感器, 以及覆盖 900~2500nm 光谱范围的 Hyperspec 短波红外 (SWIR) 传感器, 通过“推扫式”技术可获得指纹的高光谱数据立方体, 该技术需要运动以捕捉线扫描图像。每个传感器安装在 Headwall Starter Kit 上, 该套件包括传感器的装配龙门架、非常稳定的照明光源, 以及用于移动传感器

下方样品的移动平台。指纹扫描在几秒钟内完成, 三维数据立方体显示场景中每个点的 x 和 y 空间位置, 以及光谱内容, 这些可以与已知的化学品、爆炸物, 或其他感兴趣材料的光谱数据库进行对比 (见图 3)。□

#### 参考文献:

1. V. Sikirzhyski et al., *BioOptics World*, 5, 1, 33–36 (January/February 2012).
2. M. V. Cañamares et al., *J. Phys. Chem. C*, 112, 20295–20300 (2008).
3. M. Leona et al., *Analyt. Chem.*, 83, 3990–3993 (2011).
4. I. Geiman et al., *J. Forensic Sci.*, 54, 947–952 (2009).
5. M. Leona et al., *Acc. Chem. Research*, 43, 782 (2010).
6. V. Rana et al., *J. Forensic Sci.*, 56, 200–207 (2011).
7. R. Ehrenberg, *ScienceNews*, 179, 13, 22 (June 18, 2011).
8. K. Buckley and P. Matousek, *Analyst*, 115, 136, 3039–3050 (2011).
9. R. S. Just et al., *Forensic Sci. Int.: Genetics*, 5, 3, 231–235 (June 2011).

## Pulseo 355-Turbo 高频紫外激光器与 Explorer 1064-3 超小型红外激光器

Newport 集团旗下 Spectra-Physics 发布两款新产品——Pulseo 355-Turbo 高频紫外激光器与 Explorer 1064-3 超小型红外激光器。这两款新激光器均按照最高标准的工业激光器设计、制造, 具备卓越的性能、可靠性与连续工作能力, 主要应用于 24/7 连续工作的微电子制造领域。

Pulseo 355-Turbo 紫外激光器具有高达 500kHz 的重复频率, 是半导体、触摸屏、HDI 以及其他微电子制造技术高速加工的理想光源。在 300kHz 高重复频率下, Pulseo 355-Turbo 的输出功率大于 8W, 并且具有小于 8% 的“脉冲 - 脉冲”能量噪声稳定性。

Explorer 1064-3 基于高可靠性、稳定性的 Explorer 产

品线, 具有超高的峰值功率、极佳的光束质量, 主要应用在内存修复及材料微细加工中。其具有小于 12ns 的窄脉宽与近乎衍射极限的光束质量。此外, Explorer 1064-3 激光器设计牢固可靠, 且体积小巧, 可胜任激光器移动加工的设备。

Spectra-Physics 产品市场部高级主管 Herman Chui 博士表示: “这两款激光器展示了 Spectra-Physics 工业激光器系列产品的覆盖广度与性能高度。Pulseo 355-Turbo 拥有更高的紫外激光功率, 能量稳定度是市场上同类产品的两倍; 而 Explorer 1064-3 则是一款多用途红外激光器, 拥有卓越的性能、坚固的设计和小巧的体积。”





ufi  
Approved  
Event



# LED EXPO展

**CIOE**  
THE 14<sup>TH</sup>  
CHINA INTERNATIONAL  
**OPTOELECTRONIC**  
EXPO  
第14届中国国际光电博览会

**SEPTEMBER 6-9, 2012**

SHENZHEN CONVENTION & EXHIBITION CENTER • CHINA

**2012年9月6-9日 深圳会展中心**

## 同期展会 CONCURRENT EVENTS



**OPTICAL  
COMMUNICATIONS  
EXPO**  
光通信展



**LASERS & INFRARED  
APPLICATIONS  
EXPO**  
激光红外展



**PRECISION  
OPTICS  
EXPO**  
精密光学展



**ELECTRONICS  
EXPO**  
消费品电子展

中国国际光电博览会组委会

CHINA INTERNATIONAL OPTOELECTRONIC EXPOSITION OFFICE

地址: 深圳市南山区海德三道海岸大厦东座607室 邮编: 518059

Add: Room 607, East Block, Coastal Building, Haide 3rd Road, Nanshan District, Shenzhen, Guangdong, 518059, China

传真(Fax): +86 755 8629 0951

E-Mail: cioe@cioe.cn

电话(Tel): 罗 亚 +86 755 8629 0863

苏 静 +86 755 8629 0454

更多详情请登陆 ■ [WWW.CIOE.CN](http://WWW.CIOE.CN) ■ [WWW.OPTOCHINA.NET](http://WWW.OPTOCHINA.NET)





## New Products 新品展示

## Millennia Edge紧凑型低噪声单纵模绿光激光器

Millennia Edge 单纵模连续绿光激光器外形坚固紧凑, 输出波长 532nm, 输出功率 5W 的单纵模连续绿光, 并且实现了超低噪声 ( $<0.02\%$ rms)、近乎完美的光束质量 ( $M^2<1.1$ ) 和卓越的光束指向稳定性 ( $<2\text{urad}/^\circ\text{C}$ )。

Millennia Edge 领先的性能和工业级别的稳定性, 非常适合要求苛刻的应用, 是泵浦钛宝石激光器和其他激光器的理想选择, 包括载波包络相位 (CEP) 稳定系统, 以及全息术和干涉测量方面的应用。该激光器也是理波公司高功率 (高达 15W) 连续绿光激光器 Millennia Prime 家族的补充。

Newport, [www.newport.com](http://www.newport.com)

Hypertherm, [www.hypertherm.com](http://www.hypertherm.com)

## Series 8000系列793nm高亮度激光泵浦模块

功率为 10W 的 Series 8000 系列 793nm 高亮度激光泵浦模块, 专门用于泵浦钕和钬脉冲激光系统。

Series 8000 系列 793nm 产品采用光纤耦合封装, 是结构坚固紧凑、颇具成本效益的 10W 级泵浦方案。目前, Series 8000 系列 793nm 可提供光纤耦合封装的功率 4.5W 的单管、以及功率为 10W 和 20W 的高亮度多管产品。

Series 8000 793nm 系列泵浦激光器基于 Intense 公司的新一代 793nm 单管芯片, 其采用窄光束发散角和混合量子阱技术, 以最大限度地提高功率、亮度和可靠性。

Intense, [www.intenseco.com](http://www.intenseco.com)

## Spirit高重复频率飞秒激光器

Spirit 高重复频率飞秒激光器, 基于光谱物理公司 Spitfire Ace 飞秒放大器和 High-Q 公司超快技术而研发。Spirit 采用半导体泵浦技术, 无需绿光激光器作为泵浦源, 是瞬态光谱、飞秒激光微加工等应用的理想工具。



Spirit 具有以下特性:

- 一体式设计, 体积仅是其他飞秒放大器的 1/6;
- 4W 高功率输出, 中心波长 1040nm;
- 在脉冲宽度为 400fs 下, 可达 20uJ 的脉冲能量;
- 光束质量  $M^2<1.25$ ;
- 重复频率 50kHz~1MHz 可调操作;
- 全软件操作。

Newport, [www.newport.com](http://www.newport.com)

## Talisker 500工业用高功率紫外、绿光、红外超快激光器

Talisker 500 为工业级超快激光器, 最大可以提供 10W 的 355nm 紫外光、15W 的 532nm 绿光或 25W 的 1064nm



红外光输出。该系列产品的输出频率为 500kHz 甚至更高。

Talisker 激光器采用结构紧凑的模块化设计, 激光头体积小 (1020mm×390mm×170mm), 电源和控制模块独立包装, 便于用户进行设备集成和产品升级, 以获得更好的产品性能。

由于具有短脉冲 (10ps) 以及多种波长可选的优势, Talisker 500 是激光精密加工领域的理想光源, 适用于各种产能要求高的激光微加工领域, 尤其是一些脆性材料、薄膜材料以及高带隙材料, 如玻璃和陶瓷等。如在半导体器件加工领域中用于硅片的划片、切割及钻孔; 在 LED 芯片制造中, 用于蓝宝石基片的划线; 以及用于太阳能行业对于热效应区比较敏感的薄膜切割。

Coherent, [www.coherent.com](http://www.coherent.com)

## TruMark 2130激光打标机

TruMark 2130 激光打标机采用二极管泵浦的 Nd:YVO<sub>4</sub> 固体激光器, 是一种通用打标工具。



TruMark 2130 为全风冷结构, 控制单元和激光头含有独立风扇, 最高工作环境温度可达 40℃, 并且激光头可朝任何方向随机安装。其内部集成焦点调整装置, 能将焦点在  $\pm 24\text{mm}$  的范围内自动移动。高脉冲峰值功率、极佳的光束质量、小型光斑以及卓越的脉冲稳定性, 保证了精湛的塑料打标效果。

此外, TruMark 2130 还可用于其他标准工艺, 如烧蚀、雕刻或在金属上退火。无论您是想创建图形、字体或二维码, 还是打标不同的材料, TruMark 2130 都能灵活地满足所有要求。TruMark 2130 操作维护简便, 其包括供电单元的 19 寸机箱与标准工业尺寸相一致, 极易集成到控制机柜中。

Trumpf, [www.trumpf.com](http://www.trumpf.com)

## 2kW DIOCUT半导体激光器系统

2kW DIOCUT 半导体激光器系统结构紧凑, 具有更高能效, 其连续运转 8 小时所消耗的能量, 约比同等光纤





台北国际光电周 系列活动  
PHOTONICS FESTIVAL in TAIWAN



# OPTO Taiwan

## 国际光电大展

The 21st Int'l Optoelectronics Exposition  
[www.optotaiwan.com](http://www.optotaiwan.com)

June 19-21, 2012

TWTC Nangang Exhibition Hall  
台北世贸南港展览馆

### Exhibits

- Compound Semiconductor
- Optoelectronics Devices
- Optical Components
- Optical Fiber Communication
- Optical Lenses / Module
- Laser Light Sources & Applications
- Vacuum Coating
- Precision Instruments / Manufacturing Equipment

### Special Zone

**Precision Optics Zone**

精密光学区

**Laser Application Zone**

雷射应用区

### Organizer



光电科技工业协进会  
Photonics Industry & Technology Development Association  
10093台北市罗斯福路二段九号五楼  
5F, No.9, Sec.2, Roosevelt Road, Taipei 10093, Taiwan  
Tel: +886-2-2351-4026 Fax: +886-2-2396-8513

【Overseas contact】  
Pamela Hsiao (ext. 805) E-mail: [exhibit@mail.pida.org.tw](mailto:exhibit@mail.pida.org.tw)

【台湾地区】  
黄小姐 (ext. 811) E-mail: [joan.huang@mail.pida.org.tw](mailto:joan.huang@mail.pida.org.tw)  
陈小姐 (ext. 803) E-mail: [cathy@mail.pida.org.tw](mailto:cathy@mail.pida.org.tw)



## New Products 新品展示

激光器少 20%，其在运作中消耗的能量更少——总能效约为 30%。更高质量的光束整形确保了光纤耦合的有效性，进一步减少能量损失。这主要得益于其被动冷却系统。



该系统特别适用于切割钢材和不锈钢，也适合切割铝和不含铁的重金属材料，并具有更好的切割质量。当切割厚度为 6mm 的不锈钢板时，切割边缘粗糙度小于 30μm。该系统是适用于切割甚至焊接应用的紧凑、灵活的解决方案，能方便地集成到用户系统中，并免于维护。

LIMO, [www.limo.com](http://www.limo.com)

### LMF5000 光纤激光打标机

全新的 LMF5000 光纤激光打标机，提供 10~50W 的输出功率，能在铝、工具钢、铜、黄铜和石墨上实现更快速、更深度的打标。产品具有多语言软件支持，并具备先进的加工功能，包括脉冲波形控制、可调节的激光亮度以及大量不同的点和字段大小，使用户能够优化加工速度与质量。同时提供多种集成选项，可用于独立操作、全面生产自动化或原型开发。LMF5000 小巧轻便，可最大程度实现集成灵活性。

LMF5000 的主要应用包括在金属上进行高速打标、雕刻以及深度雕刻，薄板切割以及高速刻画表面纹理。

Miyachi Unitek,  
[www.miyachiunitek.com](http://www.miyachiunitek.com)

### HyIntensity 系列光纤激光器切割系统

Hypertherm 发布两款 HyIntensity 系列光纤激光器切割系统——2.0kW

的 HFL020 和 1.0kW 的 HFL010，与其 1.5kW 的版本构成完整的光纤激光器切割系统，用于广泛的切割应用，同时还能用于打标和精细切割。



该系统功能强大，能切割黄铜、铜等多种材料，并且切割质量高度稳定，可切割厚度达 16mm 的碳钢。该系统提供较高的切割速度，降低了运营成本。在切割厚度为 6mm 以下的材料时，其比 CO<sub>2</sub> 激光器或等离子激光器具有更高的生产效率，同时还具备卓越的切割质量。

该产品易于集成并安装到现有的切割设备中。

### 用于碱金属气体泵浦的新波长微通道高功率半导体激光器

德国 DILAS 发布波长为 766nm、780nm 和 852nm 的用于碱金属气体泵（DPAL）的微通道水冷半导体激光器叠阵，其连续输出功率分别为 40W、60W 和 100W。



这些叠阵的设计采用 1cm 条宽、500μm 发光点间隔和填充因子为 20%~30% 的共 19 个发光点的巴条。上述三种波长在额定功率下，20℃ 时测得的电光转换效率为 56%。

这些叠阵是国防及其他半导体碱金属气体泵等应用的理想选择。可根据客户需求，集成为千瓦级输出功率的水冷叠阵。

该半导体叠阵也可同时配备具有标准或低反射率外壳的布拉格体光栅和快慢轴准直功能。

DILAS, [www.DILAS.com](http://www.DILAS.com)

研发创新 快速反应  
优质服务 终身保固

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

### 精密位移解决方案



### 高稳定光学镜架



### 精密隔振光学平台



### Zolix 卓立汉光

北京卓立汉光仪器有限公司  
地址：北京通州区八里桥南街5号 邮编：101149  
电话：(010) 60535165 传真：(010) 60539014  
<http://www.zolix.com.cn> e-mail: info@zolix.com.cn  
深圳分公司: Tel: (0755) 83293053  
上海分公司: Tel: (021) 62227575  
成都分公司: Tel: (028) 68080921  
西安代表处: Tel: (029) 88320872





# 广告索引 Advertisers & Web Index

www.laserfocusworld.com.cn

激光世界  
LaserFocusWorld China

| Advertiser                                    | 广告商名称             | 网址                               | 页码  |
|-----------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-----|
| A&P Instruments Co., Ltd.                     | 科艺仪器有限公司          | www.anpico.com                   | 39  |
| Alpha, Route Des Laser                        |                   | www.routedeslasers.com           | 4   |
| BWT Beijing Ltd.                              | 北京凯普林光电科技有限公司     | www.bwt-bj.com                   | 41  |
| Castech Inc.                                  | 福建福晶科技股份有限公司      | www.castech.com                  | 44  |
| CIOE                                          | 第14届中国国际光电博览会     | www.cioe.cn/optochina.net        | 48  |
| Coherent (Beijing) Commerical Co., Ltd.       | 相干 (北京) 商业有限公司    | www.coherent.com.cn              | 13  |
| DILAS Diodelaser China Co., Ltd.              | 南京德商帝纳斯激光有限公司     | www.dilas.com.cn                 | 36  |
| Edmund Optics Singapore Pte Ltd.              |                   | www.edmundoptics.cn              | 5   |
| II·IV Trading (Suzhou) Co., Ltd.              | 贰陆进出口 (苏州) 有限公司   | www.ii-vi.com.cn                 | 9   |
| Mitsubishi Electric Automation (China) Ltd.   | 三菱电机自动化 (中国) 有限公司 | www.meach.cn                     | 1   |
| OPTO Taiwan                                   | 国际光电大展            | www.optotaiwan.com               | 50  |
| PCO AG                                        |                   | www.pco.de                       | 29  |
| Photonix                                      |                   | www.photonix-expo.jp/zh-cn/      | IBC |
| Pinnacle Scientific (China) Corporation       | 顶尖科仪 (中国) 股份有限公司  | www.psci.cn                      | 25  |
| RAYLASE Laser Technology (Shenzhen) Co., Ltd. | 瑞镭激光技术 (深圳) 有限公司  | www.raylase.cn                   | 3   |
| Semrock, Inc.                                 |                   | www.semrock.com                  | 2   |
| Shenzhen RFH Laser Technology Co., Ltd.       | 深圳市瑞丰恒科技发展有限公司    | www.rfhlaser.tech.com            | 21  |
| Spectra-Physics, A Newport Corporation Brand  |                   | www.newport.com/mosaic           | 7   |
| SPI Lasers                                    | 英国SPI激光有限公司深圳代表处  | www.spilasers.com/LaserChina2012 | 16  |
| Trumpf (China) Co., Ltd.                      | 通快 (中国) 有限公司      | www.cn.trumpf.com                | IFC |
| Zolix Instruments Co., Ltd.                   | 北京卓立汉光仪器有限公司      | www.zolix.com.cn                 | 51  |

## 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 Buiding,  
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  
Christine Shaw  
christines@pennwell.com

Group Editorial Director  
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)

Associate Publisher &  
Sales Director-China  
(副社长及中国区销售总监)  
Angela Zheng (郑晓勤)  
angelaz@actintl.com.hk  
Tel: 86 755 2598 8571

##### Beijing (北京)

Oasis Guo (郭镜园)  
oasisg@actintl.com.hk  
Tel: 86 10 6418 7252

##### Shanghai (上海)

Hatter Yao (姚丽莹)  
hattery@actintl.com.hk  
Tel: 86 21 6251 1200

#### Asia (亚洲)

##### Japan (日本)

Masaki Mori  
mori-masaki@ics.co.jp  
Tel: 81-3-3219-3641

#### Taiwan (台湾地区)

Monica Liu (刘方美)  
monica@arco.com.tw  
Tel: 886-2-23965128 x 204

#### Singapore, Malaysia (新加坡, 马来西亚)

Peggy Thay  
peggy.thay@publicitas.com  
Tel: 65-6836-2272

#### North America (北美)

##### New England, Eastern Canada

Diane Donnelly  
dianed@pennwell.com  
Tel: 1-508-668-1767

##### Southeast, Midwest, Mid-Atlantic

Jeff Nichols  
Jeffn@pennwell.com  
Tel: 1-413-442-2526

##### US-West and Western Canada

Paul Dudas  
pauld@pennwell.com  
Tel: 1-949-489-8015

#### Europe & Middle East (欧洲及中东)

##### United Kingdom, Scandinavia

Tony Hill  
tonyh@pennwell.com  
Tel: 44-1442-239547

#### France, Belgium, Spain, Greece, Portugal, West Swit- zerland and Netherlands

Luis Matutano  
luism@pennwell.com  
Tel: 33-1-3076-5543

#### Germany, Austria, North Switzerland, Eastern Europe

Holger Gerisch  
holgerg@pennwell.com  
Tel: 49-172-2160933

#### Israel

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





# Photonix2012

## EXPO & CONFERENCE

包括: 12th Fiber Optics Expo FOE2012  
5th Optics & Sensing Technology Expo  
5th Laser & Applications Expo  
2nd Medical & Bio Photonics Expo

日期: 2012年4月11日[星期三] — 13日[星期五]  
会场: 日本东京有明国际展览中心 (Tokyo Big Sight, Japan)  
主办单位: Reed Exhibitions Japan Ltd.



亚洲最具代表性的光学产业盛会!

汇集400家\*参展商及30000名\*专业来场观众!  
请您一定不要错过此次莅临现场的机会!

(\*预计)

同期展览

World's Largest FPD Exhibition & Conference  
22nd **FINETECH JAPAN**

3rd Highly-functional Film  
Technology Expo  
**FilmTech JAPAN**

更多信息, 请参考 >>> [www.photonix-expo.jp/zh-cn/](http://www.photonix-expo.jp/zh-cn/)

Organized by

 Reed Exhibitions

Photonix 展会事務局, Reed Exhibitions Japan Ltd.

18F Shinjuku-Nomura Bldg., 1-26-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-0570, Japan  
电话: +81-3-3349-8549 传真: +81-3-3349-4933 电邮: [photonix@reedexpo.co.jp](mailto:photonix@reedexpo.co.jp)





# 激光世界

LaserFocusWorld<sup>®</sup> China

最新推出电子书(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<sup>®</sup> China

www.laserfocusworld.com.cn

2012年3月 第2期

ISSN: 1617-6917

