

TEO 先锋科技

系统

光通讯

传感

元器件

激光器

知名光电产品系统集成商

www.teo.com.cn | V4

激光产品

先锋科技(香港)股份有限公司
Titan Electro-Optics(Hong Kong)Co., Ltd.

激光测量

7EO 先锋科技

知名光电产品系统集成商

我们的产品

光电成像、激光器、激光量测、THz、光色测量、光电元器件、光学元件等众多领域

公司简介

先锋科技（香港）股份有限公司是知名的光电产品系统集成商，总部位于香港，在北京、上海、深圳、成都、西安、长春、郑州设有分公司及办事处。经过在光电前沿领域20多年的探索，我们可提供全球近百家知名原厂的各类标准产品，同时根据应用需求进行系统解决方案的设计、再开发、集成和生产等。公司销售的产品涵盖光电成像、激光器、激光量测、THz、光色测量、光电元器件、光学元件等众多领域。各系列产品都有专业的销售、研发、服务团队支撑，有完善的售前售后服务体系为保障，快速响应、本地化服务，不断创新产品与服务，提供准确、先进的解决方案。

服务有保障

我们的技术服务部门积累了丰富的仪器安装、调试及故障解决经验，并结合科研生产仪器设备的最新技术发展及用户要求，不断完善售后服务体系，在最短时间内为用户提供迅速有效的技术响应，满足用户的各种技术服务需求。对于公司主营的产品业务，我们每年定期安排技术服务工程师去国外参加技术培训，购买相应的零配件，力争做到主流产品本地化维修，免除由于返回国外造成的时间及物质损失。

☎ 010 62634840

🌐 全国服务网络：北京 | 上海 | 深圳 | 成都 | 西安 | 长春 | 郑州 | 无锡

目录

更多产品尽在先锋科技网站:www.teo.com.cn

激光器

1. 固态激光器 ---4
2. 气体激光器 ---57
3. 超快激光器 ---62

激光测量

1. 激光功率能量计 ---79
2. 激光光束分析仪 ---93
3. 波前位相测试 ---108
4. 激光波长计及频谱仪 ---115
5. 激光防护 ---122

光通讯与传感

1. 通讯用波长计及频谱仪 ---127
2. 通讯光源 ---132
3. 通讯仪器设备 ---137
4. 光通讯器件 ---152
5. OCT 与传感 ---154

设备与元器件

1. 太赫兹设备与器件 ---163
2. 激光元器件 ---175
3. 仪器设备 ---213

先锋科技一直以来致力于与用户进行深入沟通，了解行业应用与行业发展最新前沿，为您提供合适的产品和解决方案。任何时候都欢迎您联系我们，提出您的想法和需求；希望在您的帮助下，我们能更深入、全面、准确地为行业应用服务。感谢您过去、现在、将来对我们的支持！

激光器

激光器 ---3

简介 ---3

1. 固态激光器 ---4

1.1 调 Q 纳秒脉冲激光器 ---4

1.1.1 紧凑型折叠腔激光器 ---4

1.1.2 高功率调 Q 激光器 ---7

1.1.3 双脉冲纳秒脉冲激光器 ---8

1.2.1 高功率纳秒脉冲板条激光器 ---9

1.2.2 深紫外窄线宽纳秒脉冲固体激光器 ---11

1.3 高功率连续 DPSS 激光器 ---13

1.4 小型固体激光器 ---17

1.4.1 小型 DPSS 脉冲 / 连续激光器 ---17

1.4.2 小型 DPSS 及半导体激光器 ---18

1.5 半导体激光器 ---22

1.5.1 迷你型半导体激光器 ---22

1.5.2. QCW 半导体激光器 ---26

1.5.3 中远红外量子级联激光器 ---29

1.6.1 Lumibird-Keopsys 光纤激光器 ---32

1.6 光纤激光器 ---32

1.6.2 工业光纤激光器 ---39

1.6.3 高功率光纤激光器 ---41

1.6.4 2 微米波段连续掺铥光纤激光器 ---43

1.7 可调谐激光器 ---44

1.7.1 纳秒 OPO 激光器 ---44

1.7.2 染料激光器 ---47

1.8 单频超窄线宽激光器 ---49

1.8.1 可调谐超窄线宽半导体激光器 ---49

1.8.2 可调谐超窄线宽钛宝石 / 染料激光器 ---55

2. 气体激光器 ---57

2.1 准分子激光器 ---57

2.2 离子激光器 ---59

2.3 氦氖激光器 ---61

3. 超快激光器 ---62

3.1. 光纤飞秒振荡器与放大器 ---62

3.2 钛宝石超快振荡器 ---65

3.2.1 Laser Quantum 系列钛宝石超快振荡器 ---65

3.3 其他超快激光器 ---68

3.3.1 DART 皮秒激光器 ---68

3.4 低噪声 GHz 飞秒激光器 ---69

3.5 超快激光诊断测试设备 ---70

3.5.1 AVESTA 公司超快诊断设备 ---70

3.5.2 高精度无色散快速扫描自相关仪 ---72

3.5.3 GRENOUILLE 及 FROG---73

3.6 超快激光附件及元器件 ---75

3.6.1 AVESTA 超快激光附件 ---75

激光器

简介

自激光器发明半个世纪以来，作为高亮度、高相干性的光源，激光器已深入人类的生产和生活，成为现代科技不可或缺的重要设备，广泛用于科学研究、通讯与信息记录、照明与显示、生物医学与健康、遥感遥测与空间科学、工业加工与处理、环境监测与保护、精密测量与计量、国防与安全等多个方面。先锋科技激光事业中心提供丰富的激光器类型，满足多方面应用需求，产品涵盖：

- 固态激光器：包括固体增益介质激光器、半导体激光器、光纤激光器等；
- 气态激光器：包括准分子激光器、离子激光器、HeNe 激光器等；
- 可调谐激光器：光参量振荡器（OPO）、钛宝石 / 染料可调谐激光器、半导体可调谐激光器等；
- 超快激光器：固体、光纤介质的飞秒、皮秒激光器；

以激光器的输出时间特性划分，则包括连续输出、纳秒脉冲、飞秒 / 皮秒脉冲等激光器；脉冲激光器的重频范围涵盖低重频（ $\leq 100\text{Hz}$ ）、高重频 - 准连续（ $\text{kHz} \sim \text{GHz}$ ）范围。激光器的连续 / 脉冲输出方式以及脉宽尺度，主要依据激光器与作用对象的相互作用的方式、所需要的时间分辨尺度、所需要的峰值功率或峰值功率密度等来选择；

以输出波长划分，涵盖深紫外（ $<100\text{nm}$ ）~ 中远红外（ $<10\mu\text{m}$ ）波段、THz 范围。激光器输出波长主要依据相互作用对象的吸收、传输等特性来选择；

同时，激光器选择时还需考虑另外两个重要特性：

- 横模特性与空间传输特性。TEM₀₀ 模式具备优秀的聚焦性能、低发散角，在大多数应用中较有优势；部分应用采用近场光斑照明或需要均匀照明的，可选择多横模激光器。而在显微、遥感等应用中，激光器的指向稳定性也是重要的指标。
- 线宽、相干长度与频率稳定性。部分应用（如原子分子激发、全息、精密测量等）对激光的光谱线宽 / 相干长度有较高要求，此时需要选择单纵模（SLM）、单频（Single Frequency）激光器。

先锋科技激光产品涵盖上述各种分类，且在不停的丰富过程中。下表提供简要的索引以方便用户选择：

类型	紫外波段	可见波段	红外波段	输出方式	功率 / 能量	重复频率	脉宽	线宽与稳频	页码
灯泵调 Q 激光器	213、266、355nm	532nm	1064nm	脉冲	可达 1.6J	10 ~ 100Hz	~ 10ns	可选单纵模	4~8
DPSS 调 Q 激光器	193/213/262 266/349/351 355nm	440/447/473 523/527/532 555/561/589 593/660/671nm	946/1047 1053/1064 1313/1320 1340/1550nm	脉冲	可达 500W	1kHz ~ 100kHz	1 ~ 100ns	可选单纵模	9~15、20
DPSS 连续激光器	266nm	473、532、561、660、671nm	1064nm	CW	可达 16W	-	-	可选单纵模	16~21
CW 半导体激光器	375/395nm	405-520 633-785nm (每间隔5-10nm)	808 ~ 1555 多个波长	CW	可达 1W	-	-	可选窄线宽 / 稳频	25~32
氦氖激光器		561nm 633nm		CW	可达 35mW	-	-	稳频可选	64
离子激光器	SHG: 229-284nm Argon: 351-364nm	Argon: 455-529nm Krypton: 476-799nm	Argon:1090nm	CW	可达 7W	-	-		62~63
准分子激光器	ArF: 193nm KrF: 248nm			脉冲	10W 15mJ	最大 1kHz	5-8ns		60~61
纳秒可调谐 OPO 激光器		200 ~ 3400nm		脉冲	可达 150mJ	10~20Hz	~10ns		47~49
纳秒可调谐染料激光器		200 ~ 4500nm		脉冲	可达 210mJ	10Hz; 高重频可达 100kHz	~10ns	可选单纵模	50~51
超窄线宽可调谐半导体激光器		368 ~ 1610nm* * 单个激光器可调谐范围数十纳米		连续	可达 4W	-	-	线宽 100kHz	52~57
超窄线宽可调谐钛宝石、染料激光器		280-350nm 350-525nm 570-700nm	700-1050 nm	连续	可达 2W	-	-	线宽可达 1kHz	58-59
超快激光器	267nm 400nm	520nm 800nm	1040nm 1550nm	脉冲	可达 500W	kHz ~ GHz	5fs~ 100ps		65~82

1. 固态激光器

固态激光器采用固体增益介质（如掺杂金属离子的透明材料）、有源光纤或半导体为增益介质，是门类最为丰富的激光器。通常而言固态激光器具备体积紧凑、使用寿命长、维护较为简单、工作稳定的特征。

固态激光器可实现连续、长脉冲、调 Q 脉冲（纳秒）、锁模超快脉冲（飞秒 ~ 皮秒）输出；输出功率可达千瓦至万瓦，脉冲能量可达数焦耳甚至更高，脉冲重复频率覆盖 10Hz ~ GHz 范围。

固体及光纤激光器的输出波长由掺杂离子决定，而半导体激光器的增益带宽一般较宽，输出波长由半导体的能带结构及谐振腔反馈机制决定，并受温度、电流影响。最常用的固体增益介质是掺钕离子晶体，包括 Nd:YAG, Nd:YLF, Nd:YVO4 等，可采用闪光灯或半导体激光器作为泵浦源，可工作在连续、低重频、高重频模式下，支持连续、调 Q 或锁模运转；工作波长为 1064nm 或 1053nm (Nd:YLF)。光纤激光器则通常掺杂 Yb 离子，工作波长约为 1.04 微米。半导体激光器根据不同的材料、工艺，可实现 370nm ~ 短波红外输出，量子级联激光器更可扩展波长至中远红外甚至太赫兹波段。

本章节主要介绍包括光纤激光器、半导体激光器在内的固态激光器，也包括基于固态激光器的波长扩展设备；超快激光器另设专门章节介绍。

1.1 调 Q 纳秒脉冲激光器

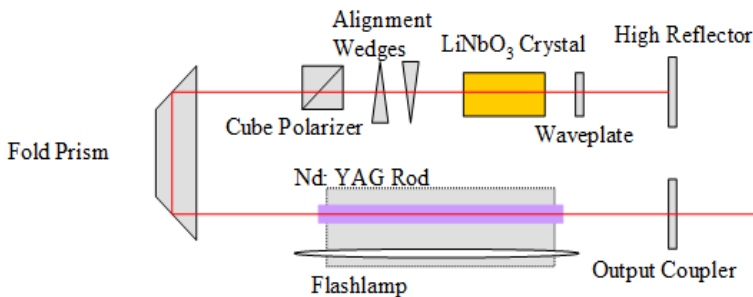
调 Q 激光器通过定时快速调节腔损耗来实现腔内能量累积与纳秒脉冲输出。调 Q 方式分为主动调 Q 与被动调 Q。主动调 Q 采用高速光开关来控制激光谐振腔的通断，其中电光调 Q 一般输出 5~10ns 的脉冲，重频不超过 kHz；声光调 Q 脉宽则稍大，约几十纳秒，重频可达百 kHz。主动调 Q 可通过接收外触发信号控制 Q 开关。被动调 Q 主要由可饱和吸收体控制腔开关，无法实现外触发同步。

调 Q 激光器大多数采用 Nd³⁺ 作为增益介质，主要工作波长为 1064nm (Nd:YLF 为 1053nm)；因调 Q 激光器峰值功率一般较高，可以较为方便的通过非线性晶体进行频率转换，实现 532nm (527nm)、355nm (351nm)、266nm (263nm)、213nm 等谐波，并可通过参量过程转换成其他波长。

1.1.1 紧凑型折叠腔激光器

独特设计的的折叠腔调 Q Nd:YAG 激光器，体积小、效率高、高度稳定、牢固耐用。该激光器可在高强度、高低温、高湿度等苛刻环境下，真正实现 7 天 24 小时免维护正常工作。

根据设计输出能量、泵浦方式的不同，分为 Ultra、CFR、Centuri、Viron 等型号系列。



折叠腔结构固体调 Q 激光器示意图

优势特点

- 激光腔体采用独特折叠式设计，非常紧凑小巧，便携性和集成度高。
- 全密封设计，并充氮气使腔内保持干燥，稳定性和可靠性高
- 光学元件全部固定在同一光学底板上，避免在运输或环境变化时影响激光器性能
- 温度循环以及振动测试，适用于野外等恶劣环境工作
- 更换闪光灯易如反掌，不需拆开激光腔
- 1064、532、355、266、213nm 以及人眼安全 1.57μm 多种波长可选
- 可选择通过面板、RS232 或外部触发操作激光器

专业应用

- 光谱学 :LIF、LIBS、CARS、MALD-TOF、PLIF
- LCD、半导体晶片激光剥离和激光修补
- 脉冲激光沉积 PLD
- 激光雷达、激光测距
- 激光超声、无损检测
- 流场检测 PIV、材料表面处理

1) Ultra 系列灯泵纳秒脉冲激光器

Ultra 为本系列中体积最为小巧的激光器，提供 20~50Hz 重频、10 ~ 100mJ 能量。Ultra 分为 Stable、GRM、TEM₀₀ 四种谐振腔结构，其中 Stable 具备较为均匀的近场光斑、重频可调，而 GRM 腔近场光斑有一定程度的起伏，但发散角更低，TEM₀₀ 为针对最高光束质量要求的应用而设计的腔型，输出高斯基模光斑。



参数	型号	Ultra 20		Ultra 50		Ultra 100	
		TEM ₀₀	Stable	Stable	GRM	Stable	GRM
重复频率 (Hz)		1-20	1-50	1-20	20	1-20	20
能量 (mJ)							
1064nm		10	20	50		100	100
532nm		6	12	30		55	55
355nm		2	4	12		30	30
266nm		1	4	10		25	15
213nm						4	CF
1.57μm				8		25	
脉宽 (ns)&1064nm		13	13	10	9	10.5	9
能量稳定性 & 1064nm(%)RMS		<2	<2.5	<2	<4	<2	<2
光斑直径 (mm)@1064nm		1.3	2.5	3		4	

2) CFR 系列灯泵纳秒脉冲激光器

CFR 系列提供比 Ultra 系列更高的能量输出。



参数	型号	CFR200				
		Stable		GRM		
频率 (Hz)		1-10	1-20	1-30	10	20
能量 (mJ)						
1064nm		200			200	180
532nm		130			130	110
355nm		70	50	70	60	45
266nm		50	NA		50	NA
1.57m		NA	35		NA	

参数	型号	CFR 400			
		Stable		GRM	
频率 (Hz)		1-10	1-20	10	20
能量 (mJ)					
1064nm		400		330	
532nm		200		180	
355nm		90		90	80
266nm		NA		NA	
1.57μm		70	65	NA	

3) Shrike 系列半导体泵纳秒脉冲激光器

Shrike 为 24V 直流供电 50Hz 重频、130mJ 能量。控制电路集成于激光头内，激光器整机紧凑坚固。



参数	型号	SHRIKE C-S4	SHRIKE C-G4
		Stable	GRM
重复频率 (Hz)		1-60	60
能量 (mJ)			
1064nm		130	100
532nm		65	60
355nm		40	30
266nm		10	10

4) DRL 系列双棒灯泵纳秒脉冲光器

基于紧凑型折叠腔，在一个激光头内放置两根晶体棒（增益介质）并分别配置闪光灯，构成 DRL 激光器。两根晶体棒可以配置成交替输出模式或振荡 + 放大模式，可获得较高重频或更大能量。



型号	DRL 10 800-S	DRL 20 700-S	DRL 30 650-S
频率 (Hz)	10	20	30
能量 mJ	@1064 nm	800	700
	@532 nm	370	340
	@355 nm	190	170
脉宽 ns	@1064 nm	<15	

5) Centurion + 系列半导体泵浦全固态激光器

Centurion + 系列为采用半导体 QCW 泵浦源的调 Q 脉冲激光器。沿自折叠腔设计的高稳定结构和半导体泵浦的高效率、低热耗，Centurion + 具备较高重频、较小体积且支持完全风冷散热，非常适合工业现场使用。



型号	Centurion+			
波长	脉冲宽度	能量	532nm 残余光	1064nm 残余光
1064nm	<14ns	50mJ	NA	NA
532nm	<13ns	25mJ	NA	15mJ
355nm	<12ns	8mJ	6mJ	20mJ
266nm	<12ns	2.5mJ	12mJ	12mJ
1570nm	<8ns	10mJ	NA	NA
重复频率	100Hz			

6) 便携式 DPSS 纳秒脉冲激光器 Viron、Falcon

Viron 为一台小型化、轻便型 DPSS 激光器。该激光器最大的优势是无需控制器，直接采用直流供电，通过计算机或者电路版控制。Viron 同样采用了紧凑型折叠腔结构，具备满足恶劣条件使用的稳定性和可靠性，可广泛用于 LIBS、LIDAR 等现场应用。

Falcon 在 DPSS 调 Q 激光器基础上集成 OPO，产生 1570nm，mJ 级的激光，非常适合人眼安全应用。Falcon 也同样为免电源运行。



型号		Viron		Falcon
		VRN20-30-G	VRN20-50-G	
重复频率 (Hz)		20	20	upto 40
脉宽 (ns)		<12	<12	<6
能量 (mJ)	1064nm	30	50	
	532nm	15	25	
	355nm	7	12	
	266nm	5	9	
	1,57μm			4.5

1.1.2 高功率调 Q 激光器

Qsmart 系列是中高功率的调 Q 灯泵激光器，振荡器输出可达 850mJ @1064nm。

Qsmart 采用一体成型航空铝腔体，所有光学元件固化装配，使其在 1J 级别灯泵调 Q 振荡器中具备突出的稳定性、可靠性，并具备 18~28℃ 宽范围运行温度，超越传统灯泵打能量调 Q 激光器。

传承自久负盛名的上一代产品 Brilliant 系列设计并进一步优化的陶瓷反射聚光腔提升了泵浦效率，闪光灯运行电压进一步降低，寿命增加一倍至一亿发；同时电源体积更小，散热更低，无需外循环水运行，可移动使用。

与 CFR/Ultra 等激光器不同，Qsmart 激光器的倍频为即插即用、自动识别的模块式设计，并率先推出倍频模块自动位相匹配功能，一键或一个指令即可实现最高非线性输出。Qsmart 激光器在大气臭氧雷达等领域已经过 7x24 小时无人值守运行的严苛考验。

基于 Qsmart 振荡器扩展的放大器系统，可提供高达 1500mJ 能量的输出。

QSmart 系列采用 GRM 腔体；可提供 SLM（单纵模）选项，实现窄线宽和平滑脉冲波形。

1) Qsmart 系列激光器



Qsmart 850/450



Qsmart 2300/1500/1200

型号	Q-smart 450				Q-smart 850	
重复频率 (Hz)	10	10-SLM	20	20-SLM	10	10-SLM
1064nm	450	370	400	330	850	700
532nm	220	150	200	135	430	290/340
能量 (mJ)	355nm	130	75	120	70	230
266nm	60	35	50	30	100	60
213nm	10	CF	8	CF	20	CF
光斑口径 mm	6					

型号	Q-smart 1200		Qsmart 1500		Q-smart 2300
重复频率 (Hz)	10	20	10	20	10
1064nm	1200	1000	1500	1400	2300
能量 (mJ)	532nm	575/650	480/540	750/850	660/750
355nm	280/350	220/270	400/520	360/460	620/850
266nm	110	80	130	100	200
光斑口径 mm	≤ 10				≤ 13

2) Merion 系列 DPSS 激光器

Merion 采用 QSmart 的光学设计，传承其优秀的稳定可靠性，而用 Quantel 自研 QCW 半导体激光光源泵浦，增益介质热效率更高，同时兼顾高重频和大能量。相对于闪光灯，LD 的工作寿命可达 10 亿发次。

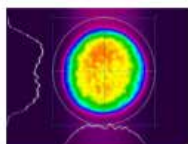
Merion C 为体积较为紧凑的型号，提供 Stable、GRM 两种腔型；Merion MW 为单脉冲能量更高的型号，提供 GRM 腔型。

除常规的 2/3/4 倍频外，Merion C 还可提供人眼安全的 1540nm 波长输出。Merion MW 支持 SLM 选件，线宽可低至 0.005cm^{-1} 。

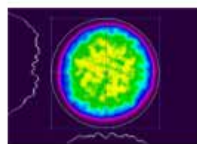
Merion C



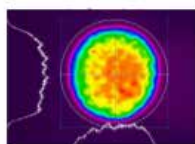
型号	MERION C-S4	MERION C-G4	Merion C-S5	Merion C -G5
重复频率 (Hz)	400	400	200	200
脉宽 (ns)	<10	<7	<10	<7
能量 (mJ)	1064nm	100	100	200
532nm	50	50	100	100
355nm	30	30	60	60
266nm	3.5	3.5	7	7
1540nm	On request	NA	On request	NA
光斑口径 mm	4	4	5.5	5.5
发散角 mrad	≤ 5	≤ 1	≤ 7	≤ 1



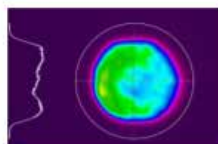
Merion C - S4
Near field @ 1064 nm



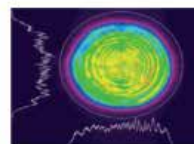
Merion C - S4
Near field @ 532 nm



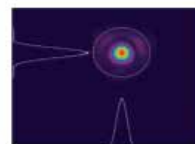
Merion C - S4
Near field @ 355 nm



Merion C - S4
Near field @ 266 nm

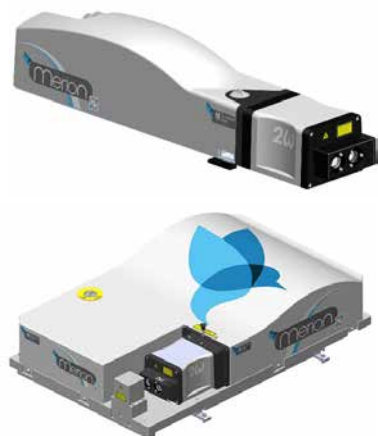


Merion C - G5
Near field @ 1064 nm



Merion C - G5
Far field @ 1064 nm

Merion MW



型号	Merion MW 7-100	Merion MW 7-200	Merion MW 9-100	Merion MW 9-100 SLM	Merion MW 400	Merion MW 1000	Merion MW 1500
重复频率 (Hz)	100	200	100	100	200	100	50
脉宽 (ns)				5-9			
1064nm	300	230	650	550	400	1000	1500
532nm	160	95	335	250	200	550	900
355nm	60	60	200	180	100	330	500
266nm				On request			
光斑口径 mm	6.5		9		6.5		9
发散角 mrad		≤ 1				≤ 0.7	
线宽 cm^{-1}		≤ 0.7		≤ 0.005		≤ 0.7	

1.1.3 双脉冲纳秒脉冲激光器

双脉冲纳秒脉冲激光器可产生两路共线传播的纳秒激光，两个脉冲之间的延时可调，延时分辨率可达纳秒量级。这种精确可控的双脉冲广泛用于流场粒子速度成像（PIV）、双脉冲 LIBS、双脉冲 LIF 等研究中。

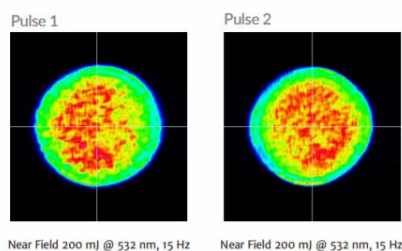
Quantel 提供一体双头式双脉冲调 Q 激光器 Evergreen 系列，以及更高能量的组合式双脉冲激光器 QSmart TWINS。Evergreen 主要输出 532nm 波长，具备较好的近场光斑均匀性，适合成像；QSmart TWINS 则为两台 QSmart 的组合，发散角较小，更适合聚焦使用。同时，Evergreen 采用一体式倍频单元，而 QSmart TWINS 采用模块式倍频，可切换多个波长输出。

1) EVERGREEN 系列激光器



EVERGREEN 系列激光器均满足 MIL-STD-810 振动和冲击标准，并经过严苛温度循环。

Typical beam profiles



Near Field 200 mJ @ 532 nm, 15 Hz

EVERGREEN 系列采用 Stable 腔体，具备良好的近场均匀性。其中 Evergreen2 可产生最高 200mJ @ 532nm、最大 25Hz 重频的双脉冲输出；而 Evergreen HP 可输出高达 400mJ @ 532nm 的能量，或者高达 200Hz 的重复频率。

Evergreen2

型号	EVG00070	EVB00145	EVG00200	EVG25100	EVG00200-266
输出波长 nm		532			266
重复频率 Hz		15		25	15
脉冲宽度 ns		≤ 12		≤ 10	
单脉冲能量 mJ	70	145	200	100	30
光束口径 mm	5	6.35	6.35	5	6.35
发散角 mrad	<4				
远场重合度			$\pm 100\text{urad}$		
近场重合度			$\pm 100\mu\text{m}$		

Evergreen HP

型号	EHP10	EHP15	EHP30	EHP100	EHP150	EHP200
输出波长 nm	532					
重复频率 Hz	10	15	30	100	150	200
脉冲宽度 ns				≤ 15		
单脉冲能量 mJ	400	350	300	100	75	50
光束口径 mm				≤ 6		
发散角 mrad				≤ 6		

2) QSmart TWINS



QSmart TWINS 为两台 QS850 经过偏振合束构成双脉冲共线输出。两台激光器共用倍频模块，故可通过切换 / 拔插倍频模块获取不同的波长。

重复频率 Hz	10
脉冲宽度 ns	5 ~ 7
光束口径 mm	9
1064nm	730
532nm	380
355nm	200
266nm	90
213nm	On request

1.2.1 高功率纳秒脉冲板条激光器

德国 Edgewave 公司是 INNO-SLAB 板条激光器技术的先驱和领导者。板条状增益介质既具备块状介质可以容纳大模场光斑、承受高能量高峰值功率脉冲的特征，由具备媲美光纤 / 碟片增益介质的热效应小的性能，故适合大能量、高功率脉冲激光器。Edgewave 可提供 DPSS 的纳秒调 Q 激光器、锁模飞秒 / 皮秒激光器，功率可达千瓦量级，单脉冲能量可超过百毫焦。板条激光器的另一个独特优点是光斑分布可订制，例如高斯圆光斑、平顶方形光斑、条形光斑等。

- 短脉宽和高峰值功率 – 产生的极其微小的热区域，更适于高精度加工
- 近似理论值极限的高光束质量 – 更适合微加工
- 高功率和功率可提升 – 更高的生产效率
- 结构紧凑和性能稳定可靠 – 低运行成本
- 高效率 – 低能耗，利于环保
- 输出光斑分布的高灵活性 – 绿色加工和最大的能源效率

典型应用：

- 光伏行业，例如硅晶圆的划片、打孔和切割；薄膜太阳能电池和晶硅太阳能电池导电层和绝缘层的烧蚀
- 显示领域，如导电层的结构化化和玻璃切割
- 玻璃工业，如微钻孔和高速亚表面内雕
- 电子工业，例如对印刷电路板的切割和钻孔
- 工具制造和机械工程，如四维烧蚀快速成形
- 汽车制造行业，如：燃油喷嘴阀的制造
- 科研领域，如作为染料激光器、OPO 以及 Ti: 宝石激光器的泵浦，粒子成像测速

1) 高功率纳秒激光器

BX- 系列



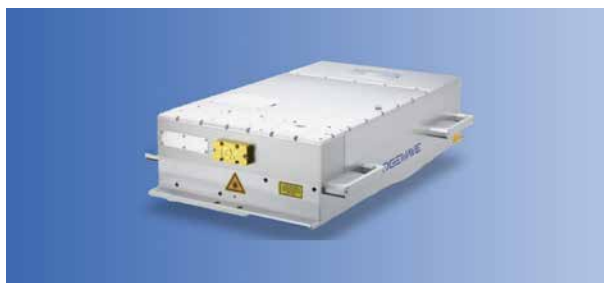
型号	BXxx-1	BXxx-2
波长	IR	Green
M ²	1.1	1.1
最大平均功率	80W	40W
最大重复频率	100kHz	100kHz
最大脉冲能量	7mJ	3mJ
脉宽	6ns	5ns
能量稳定性	1%	2%
指向稳定性	<50urad	<50urad

IS- 系列



型号	ISxxx-1	ISxxx-2	ISxxx-3	ISxxx-4
波长	IR	Green	UV	DUV
M ²	1.1	1.1	1.1	1
最大平均功率	400W	200W	70W	20W
最大重复频率	100kHz	100kHz	15kHz	15kHz
最大脉冲能量	60mJ	30mJ	15mJ	4mJ
脉宽	6ns	5ns	5ns	5ns
能量稳定性	2%	4%	4%	4%
指向稳定性	<50urad	<50urad	<50urad	<50urad

GX- 系列



型号	GXxxx-1	GXxxx-2	GXxxx-3	GXxxx-4
波长	IR	Green	UV	DUV
M ²	1.1	1.1	1.5	2
最大平均功率	800W	400W	200W	30W
最大重复频率	100kHz	100kHz	100kHz	20kHz
最大脉冲能量	120mJ	60mJ	30mJ	5mJ
脉宽	6ns	5ns	5ns	5ns
能量稳定性	2%	4%	4%	4%
指向稳定性	<50urad	<50urad	<50urad	<50urad

2) 高功率超快激光器

Edgewave 提供采用锁模振荡器种子的 MOPA 架构超快激光器，用于工业超快加工。

PX 系列



型号	PXxxx-1	PXxxx-2	PXxxx-3	PXxxx-4
波长	IR	Green	UV	DUV
M ²	1.1	1.1	1.1	1.1
最大平均功率	100W	50W	30W	3W
最大重复频率	100MHz	100MHz	100MHz	100MHz
最大脉冲能量	500μJ	250μJ	150μJ	100μJ
脉宽	12-80ps	12-80ps	12-80ps	12-80ps
能量稳定性	1%	2%	2%	3%
指向稳定性	<50urad	<50urad	<50urad	<50urad

FX 系列

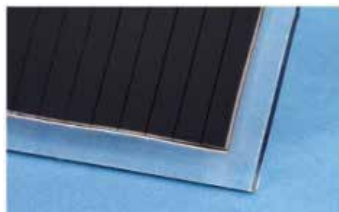


型号	FXxxx-1	FXxxx-2	FXxxx-3	FXxxx-4
波长	IR	Green	UV	DUV
M ²	1.1	1.1	1.1	1.1
最大平均功率	400W	200W	90W	15W
最大重复频率	50MHz	50MHz	50MHz	50MHz
最大脉冲能量	2000μJ	900μJ	400μJ	200μJ
脉宽	400fs	300fs	300fs	300fs
能量稳定性	1%	2%	2%	3%
指向稳定性	<50urad	<50urad	<50urad	<50urad

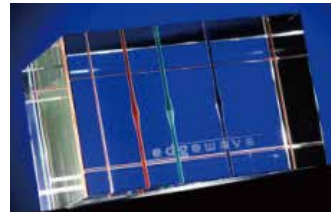
应用示例



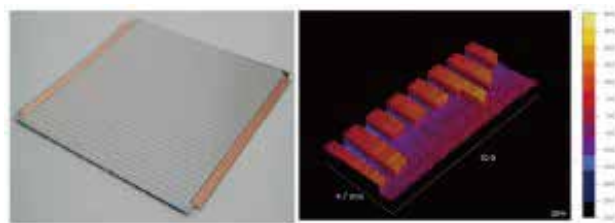
薄膜太阳能电池的结构化



太阳能电池清边



玻璃钻孔



体硅太阳能硅片的结构化



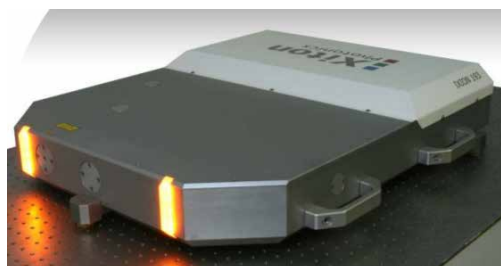
玻璃切割

1.2.2 深紫外窄线宽纳秒脉冲固体激光器

德国 Xiton Photonics 专注于窄线宽固体脉冲激光器及其频率变换，其深紫外激光器尤为特色。基于 1064nm/1342nm 的全固态 DPSS 调 Q 激光器可通过频率变换提供 193nm、213nm、224nm、266nm 等深紫外激光输出及 355nm、447nm、532nm、671nm 等常规波长输出。

多数 Xiton 激光器具备 TEM₀₀ 模式输出，保证优越的聚焦性能，适合直写等应用；单纵模或窄线宽性能是 Xiton 激光器的另一特征，长相干长度确保可用于传统上采用气体激光器的计量、全息、光刻等应用。相比传统深紫外波段的气体激光器，固态激光器体积小、寿命更长，维护成本更低。

1) IXION 193 深紫外激光器



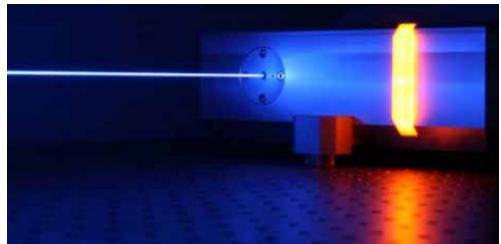
IXION 193 为全固化单频激光器，其线宽达到变换极限，可用于光学计量、193nm 步进光学系统校准、高功率准分子激光器种子等。

型号	IXION 193 SLM
波长	193.368nm (可选 185-194nm)
平均功率	10mW
脉冲宽度	8 - 12ns
单脉冲能量	1.6μJ
重复频率	1-15kHz
M ²	<1.6
线宽	80MHz/ 0.01pm/ 0.0027cm ⁻¹
相干长度	>2m
调谐范围	>80GHz/ 10pm/ 2.6cm ⁻¹

典型应用：

- 光谱仪校准；
- 光刻；
- 干涉仪；
- 193nm 计量测量
- 准分子激光器种子源

2) SLM 系列单纵模激光器



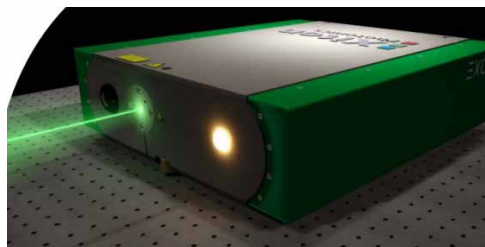
SLM 系列提供 1064nm、532nm、355nm、266nm、213nm 等多个波长的单纵模、窄线宽纳秒激光输出。

型号	SLM-213	SLM-266	SLM-355	SLM-532	SLM-1064
波长	213nm	266nm	355nm	532nm	1064nm
平均功率	>100mW	500mW	2W	4W	10W
脉冲宽度	6-8ns	8-10ns	10-12ns	10-15ns	15-25ns
单脉冲能量	10μJ	50μJ	200μJ	400μJ	1mJ
重复频率	1-15kHz	1-20kHz	1-15kHz	1-15kHz	1-15kHz
M ²	<1.6	<1.7	<1.5	<1.2	<1.2
线宽	<80MHz	<80MHz	<60MHz	<60MHz	<40MHz
相干长度	1.5m	>1.8m	>2.5m	2.5m	3.8m
脉冲抖动	2.5%	<2.0%	<2.0%	<1.0%	<0.4%

典型应用：

- 激光雷达
- 干涉计量
- 光刻
- 光纤布拉格光栅 (FBG) 制造
- 光谱仪校准
- 计量学
- 全息

3) EXCITE 系列



EXCITE 系列尺寸较 SLM 系列为小，提供 266nm - 1064nm 单频纳秒脉冲激光。

型号	EXCITE 266	EXCITE 355	EXCITE 532	EXCITE 1064
波长	266nm	355nm	532nm	1064nm
平均功率	150mW	400mW	2.5W	6W
脉冲宽度	10-15 ns	14-18 ns	15-20 ns	20-30 ns
单脉冲能量	7.5μJ	20μJ	125μJ	300μJ
重复频率	1-30kHz	1-30kHz	1-30kHz	1-30kHz
M ²	<1.7	<1.3	<1.2	<1.2
线宽	<60MHz	<50MHz	<50MHz	<30MHz
相干长度	>2.5m	>3.0m	>3.0m	>5m

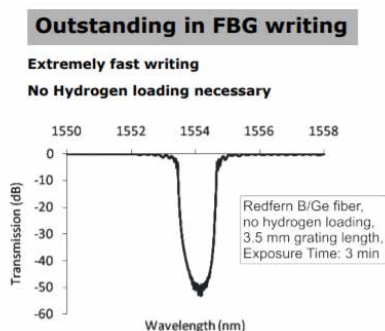
典型应用：

- Wafer 检测
- 光致发光
- 干涉测量
- 拉曼光谱
- 光纤布拉格光栅 (FBG) 制造
- 光谱仪校准
- 计量学
- 全息
- 干涉直写

4) IMPRESS 213



应用实例：



IMPRESS 213 深紫外激光器可用于 FBG 刻蚀、钻石及蓝宝石打标加工等应用，213nm 波长及 TEM₀₀ 模式使它可以用于小于微米的直写加工。

固体深紫外激光器相对于氩离子激光器，具备更佳的使用寿命、稳定性，更低的能耗和热负荷，适用 7×24 工业环境运行。

平均功率	150mW
脉冲宽度	6-8ns
单脉冲能量	15μJ
重复频率	1-30kHz
M ²	<1.6

典型应用：

- FBG 刻写；
- 钻石打标；
- 波长敏感处理；
- 立体光刻；
- 半导体检测；
- 替代倍频氩离子激光器；
- 光致发光；

5) IXDICE 系列



IXDICE 系列产生特殊的 1342nm 波长，经过放大器后产生 8 瓦或高达 18 瓦的平均功率，特别适合硅材料处理如隐形划片，集成电路修剪等。

典型应用：

- 隐形划片
- 集成电路修剪
- 硅片处理
- 微加工

型号	IXDICE 1342	IXDICE Ultra 1342
波长	1342nm	1342nm
M ²	1.2	1.3
平均功率	8W	18W
重复频率	40-200kHz	30-200kHz
脉冲能量	80 uJ	500 uJ
脉宽	50ns	40-50ns

6) IDOL 系列



IDOL 系列产生特殊的 1342nm 波长及其倍频（671nm）、四倍频（447nm），其中 1342nm 特别适合硅材料处理如隐形划片、集成电路修剪，而 671nm、447nm 则在显示平板修补领域有广泛应用。

型号	IDOL 1342	IDOL 671	IDOL 447
波长	1342nm	671nm	447nm
平均功率	4.5W	2W	1.5W
脉冲宽度	12-26 ns	10-12 ns	11-13 ns
单脉冲能量	300μJ	130μJ	100μJ
重复频率	1-50kHz	1-30kHz	1-30kHz
M ²	<1.2	<1.2	<1.3

典型应用：

- 显示面板修补；
- 波长敏感处理；
- 微加工；
- 隐形划片；
- 硅材料处理；

1.3 高功率连续 DPSS 激光器

Laser Quantum 公司成立于 1994 年，位于英国柴郡，是英国最大的激光器制造商，现有员工 120 人，连续 20 年向全球科研和工业市场提供连续激光器、超快激光器和振荡器。连续激光器高功率高达 16W。Laser Quantum 公司独特的二极管泵浦固体激光器 (DPSS) 和超快激光器涵盖 MHz 和 GHz 范围。Laser Quantum 公司的 DPL 激光器以 OEM 方式被很多著名公司选用，如法国 JY 公司的拉曼光谱仪。

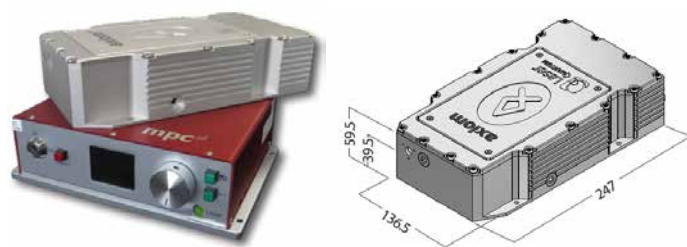
Laser Quantum 连续激光器包含如下系列产品：

- Axiom 系列 – 532 & 660nm 泵浦源一体化设计的高功率激光器；
- Finesse 系列 – 532nm 高功率激光器，CEP 可选；
- Opus 系列 – 532, 660 & 1064nm 高功率激光器，紧凑型设计；
- Ventus 系列 – 功率和波长范围广，适用于科研应用；
- Torus 系列 – 单纵模激光器，窄线宽，测距全息等应用；
- Gem 系列 – OEM 连续激光器，功率和波长范围选择多。

2012 年 11 月 Laser Quantum 公司宣布收购德国 Gigaoptics 公司。Gigaoptics 公司是全球 GHz 超快振荡器和激光器的领导者。

2015 年 3 月 Laser Quantum 公司宣布收购 Vention 公司。Vention 公司产品系列覆盖了尖端的飞秒激光振荡器、飞秒激光放大器、短周期脉冲特征工具、超快光学、附件和客户自己设计方案。

1) AXIOM 紧凑型一体化高功率连续激光器



Axiom 为 Laser Quantum 最新推出的高功率连续激光器，特点在于把半导体泵浦源整合在激光器内，激光头无须外接光纤连接控制箱，使得更容易把激光头整合在实验装置内，尤其适合用在钛蓝宝石激光器作泵浦源等。此外，Axiom 系列有高功率的红光输出，660nm 的输出功率高达 6W。

详细参数：

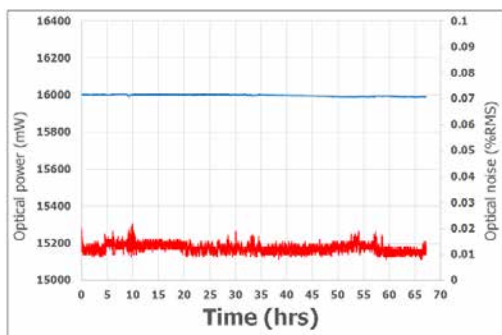
	Axiom 532	Axiom 660
波长	532 nm	660 nm
功率	4-12 W	3-6 W
带宽	50 GHz	60 GHz
光束直径	2.25 mm ± 0.25 mm	0.85mm±0.2mm
空间模式	TEM ₀₀	
椭圆度	<1:1.15	
发散角	<0.4 mrad	<1.6 mrad
M ²	<1.1	<1.2
功率稳定度 (RMS)	<0.1% (<10 W); <0.05% (10 W- 12 W)	<1.0%
噪声 (RMS)	<0.03% (<10 W); <0.02% (10 W- 12 W)	<1.0%
噪声带宽	10 Hz to 100 MHz	10 Hz to 50 kHz
光束指向稳定度	<10 urad/°C	
偏振比	>100:1, horizontal	
相干长度	~6 mm	~5 mm
运行温度	20 to 30 °C	20 to 29 °C
重量	3.9 kg	
预热时间	<10 minutes	
应用	钛蓝宝石激光器泵浦、生物医学成像、荧光光谱	荧光光谱、拉曼光谱、粒子成像测速

2) Finesse 低噪声高功率 532nm 激光器

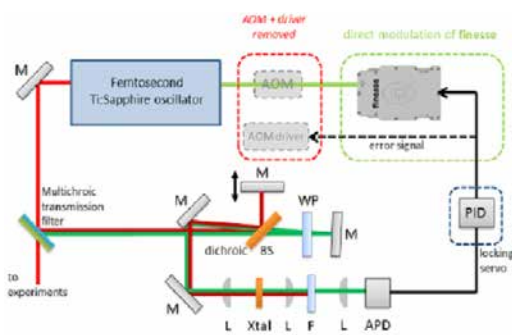


特点和应用：

- 超低噪声技术 pure™ technology, 噪声最低 <0.02 %
- CEP 稳定技术 CEPLoQ™
- 可光纤耦合输出
- Labview 驱动
- 钛蓝宝石激光器泵浦
- 军用级激光器
- ITO 打标 / 蚀蚀
- 半导体检测

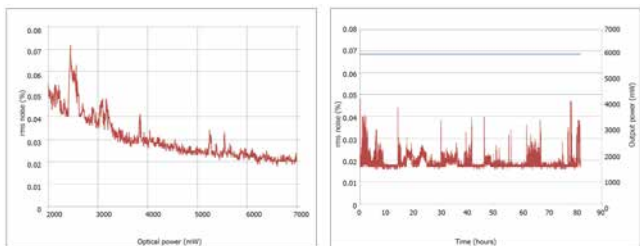
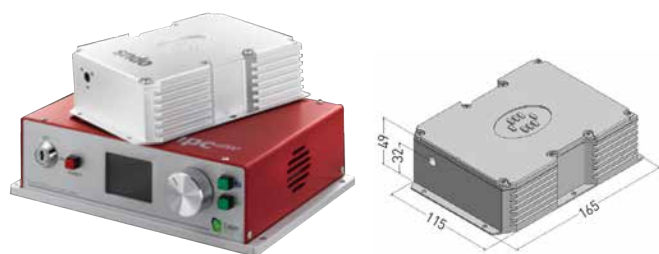


Finesse pure 超过 70 小时的出光测试，
噪声 (红线)~0.01%，功率稳定度 (蓝线)<0.05%;



Finesse pure CEP 不需要外置的 AOM 元件，
提供了简单的光学系统整合方案。

3) Opus 超紧凑连续高功率激光器



左图,Opus 532 的低噪声和输出功率的曲线图

右图,Opus 532 >80 小时的出光测试，噪声 (红线) 和优秀的功率稳定度 (蓝线)，适合光镊等应用

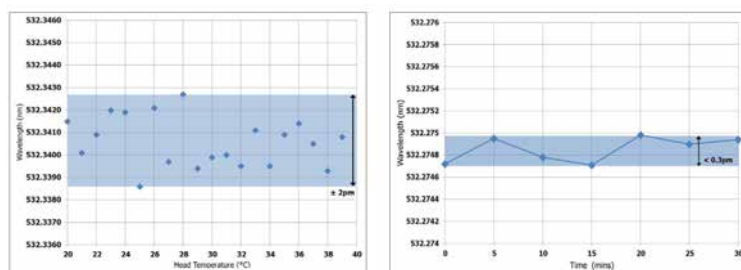
详细参数：

	Finesse	Finesse Pure	Finesse Pure CEP
波长		532 nm	
功率		4 - 16W	
光束直径		2.25 mm $\pm$ 0.25 mm	
空间模式		TEM ₀₀	
光斑椭圆度		<1:1.15	
带宽		50 GHz	
发散角		<0.4 mrad	
调制深度	N/A	N/A	$\pm$ 1%
调制带宽度	N/A	N/A	<1 MHz
相对性 M ²	N/A	N/A	$\sim$ 90° for 750 kHz
能量稳定性 (RMS)	<0.1 %	<0.1 % (<10 W) ; <0.05 % (10 W+)	
噪声 (RMS)	<0.1 %	<0.030 % (<10 W); <0.020 % (10 W+)	
噪声带宽		10 Hz to 100 MHz	
光束指向稳定性		<2 urad/°C	
偏振率		>100:1	
偏振方向		Horizontal	
相干长度		6 mm	
运行温度		20 to 40°C	

详细参数：

	Opus 532	Opus 660	Opus 1064
波长	532 nm	660 nm	1064 nm
功率	2-6W	1-1.5W	0.5-10W
光束直径	1.85 $\pm$ 0.2 mm	0.85 $\pm$ 0.2 mm	1.85 $\pm$ 0.2 mm
空间模式		TEM ₀₀	
光斑椭圆度		<1:1.15	
带宽	45 $\pm$ 10 GHz	30 GHz	80 GHz
发散角	<0.5 mrad	<1.5 mrad	<1.0 mrad
M ²	<1.1	<1.2	<1.15
功率稳定度 (RMS)	$\leq$ 0.20 %	<1 %	<0.1 %
噪声 (RMS)	$\leq$ 0.08 %	<0.6 %	<0.15 %
噪声带宽	10 Hz to 100 MHz	10 Hz to 50 kHz	10 Hz to 100 MHz
光束指向稳定性	<2 urad/°C	<10 urad/°C	<10 urad/°C
偏振率	>100:1, horizontal		
相干长度	0.7 cm	$\sim$ 1 cm	$\sim$ 4 mm
运行温度	15 to 40 °C	10 to 40 °C	15 to 40 °C
应用	钛蓝宝石激光器泵浦、染料激光泵浦、激光光镊、军用激光、超分辨荧光显微镜、拉曼光谱、DNA 测序、半导体检验	激光光镊、超分辨荧光显微镜、拉曼光谱、DNA 测序	激光光镊

4) Torus 单纵模激光器



左图, Torus 532 的波长稳定度随环境温度的变化图

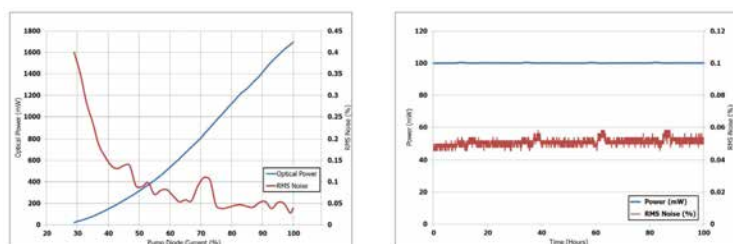
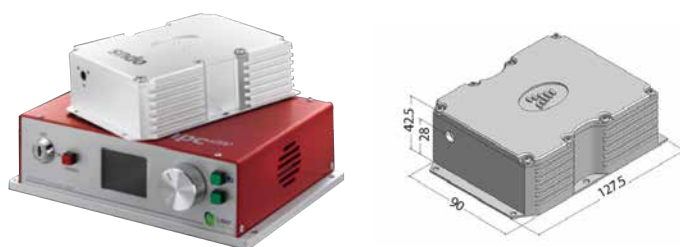
右图, Torus 532 的波长稳定度随工作时间的变化图

Torus 系列单纵模激光器有 532nm 和 660nm 两个波长, 是市场上唯一的主动锁模的商业化低噪声单纵模激光器, 线宽低于 1MHz, 其独有的主动锁模技术持续跟踪纵模位置并通过修正腔长使得纵模波长维持在 5pm 之内, 在工作温度范围内消除了跳模。Torus 系列激光器乃全息、布里渊散射及高分辨率拉曼光谱的理想之选。

详细参数:

	Torus 532	Torus 660
波长	532 nm	660 nm
功率	250-750mW	150-200mW
光束直径	1.7 mm $\pm$ 0.2 mm	
空间模式	TEM ₀₀	
光斑椭圆度	<1:1.1	
带宽	1 MHz	
发散角	<0.55mrad	
M ²	<1.1	
功率稳定度 RMS	<1.0 %	
噪声 RMS	<0.25 %	<0.5 %
噪声带宽	10 Hz to 100 MHz	10 Hz to 50 kHz
光束指向稳定性	<2 μ rad/°C	
偏振率	>100:1, vertical	
相干长度	>100 m	
工作温度	15 to 35°C	
预热时间	< 30 分钟	
应用	拉曼光谱、激光全息、干涉测量、多普勒激光测速、布里渊散射	

5) Ventus 紧凑型低噪音 DPSS 激光器



左图, Ventus 532 蓝线为输出功率, 红线为 RMS 噪声随二极体泵浦源驱动电流的变化图

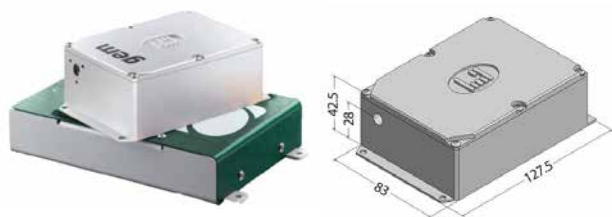
右图, Ventus 532 出光 100 个小时后的输出功率 (蓝线) 及噪声 ~0.06% (红线) 变化图

Ventus 系列激光器设计紧凑、结实、噪音低、稳定性高, 寿命长, 波长范围 473nm, 532nm, 561nm, 660nm, 671nm 可选, 是科研市场的首选产品。由于其功率和波长范围广, Ventus 系列激光器可应用在拉曼光谱、光镊、光遗传和荧光成像, 还可用在光纤传输。

详细参数：

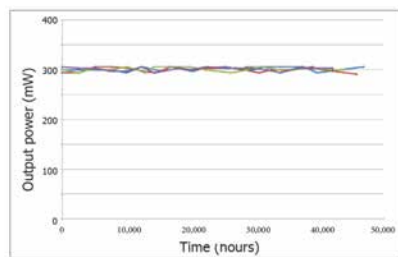
	Ventus473	Ventus532	Ventus solo 532	Ventus561	Ventus660	Ventus671
波长	473 nm	532 nm	532 nm	561 nm	660 nm	671 nm
功率 mW	100-350	100-1500	250-750	100-750	100-750	100-500
光束直径	1.5 mm $\pm$ 0.1 mm					
空间模式	TEM ₀₀					
椭圆度	<1:1.2	<1:1.15	<1:1.2	<1:1.2	<1:1.2	<1:1.2
带宽	40 GHz	30 GHz	10 GHz	40 GHz	30 GHz	30 GHz
发散角	<0.7mrad	$\leq$ 0.6 mrad	<0.6 mrad	<1 mrad	<0.8mrad	<0.8mrad
M ²	<1.2	<1.1	<1.1	<1.2	<1.2	<1.2
功率稳定性 (RMS)	<0.6 %	<0.4 %	<0.4 %	<1.0 %	<0.5 %	<1.0 %
噪声 (RMS)	$\leq$ 0.7 %	<0.15 %	<1 %	<1.5%	<0.5 %	<0.6 %
噪声带宽	10 Hz to 50 kHz	10 Hz to 100 MHz	10 Hz to 100 MHz	10 Hz to 50 kHz	10 Hz to 50 kHz	10 Hz to 50 kHz
指向稳定性 (RMS)	<10 urad/°C					
偏振率	>100:1, horizontal					
相干长度	~7.5 mm	~1 cm	~3 cm	~7.5 mm	~1 cm	~1 cm
运行温度	15-40°C					
应用	平版印刷、光遗传、拉曼光谱、荧光光谱	拉曼光谱、激光光镊、粒子成像测速、荧光光谱、超分辨显微镜	拉曼光谱、多普勒激光测速	拉曼光谱、荧光光谱、细胞计数、光遗传	拉曼光谱、荧光光谱、生物医学成像	拉曼光谱、荧光光谱、生物医学成像、粒子成像测速

6) GEM 高功率紧凑型 OEM 连续激光器

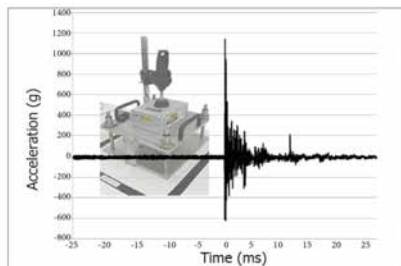


Gem 系列是一款紧凑型 OEM 集成用激光器。功率和波长范围较广泛，是优质光束质量激光器的理想之选。主要应用在拉曼光谱、荧光光谱、DNA 测序、细胞分类和可视化等。

详细参数：



4 款不同的 Gem 系列激光器在长时间工作后的功率输出变化图



所有激光器承受 1200g 冲击振荡测试

	Gem473	Gem532	Gem561	Gem640	Gem660	Gem671
波长	473 nm	532 nm	561 nm	640nm	660 nm	671nm
功率 mW	100-500	100-2000	100-1000	100-500	100-1000	100-750
光束直径	0.9 $\pm$ 0.2 mm	0.9 $\pm$ 0.1 mm	1.0 $\pm$ 0.2 mm	1.1mm $\pm$ 0.2 mm	0.75 $\pm$ 0.15 mm	0.75 $\pm$ 0.15 mm
空间模式	TEM ₀₀					
光斑椭圆度	<1:1.2					
带宽	40 GHz	30 GHz	40 GHz	40GHz	30 GHz	30 GHz
发散角	<1.5 mrad	<0.8 mrad	<1 mrad	<1.2 mrad	<1.5 mrad	<1.5 mrad
M ²	<1.2	<1.1	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
功率稳定度 (RMS)	<1.0 %	<0.8 %	<1.0 %	<0.8%	<1.0 %	<1.0 %
噪声 (RMS)	<1.0 %	<0.8 %	<1.5 %	<0.8%	<0.6 %	<0.6 %
噪声带宽	10 Hz to 10 kHz	10 Hz to 6 MHz	10 Hz to 10 kHz	10 Hz to 10 kHz	10 Hz to 10 kHz	10 Hz to 10 kHz
光束指向稳定性	<10 urad/°C					
偏振率	>100:1, horizontal					
相干长度	~7.5 mm	~1 cm	~7.5 mm	~7.5 mm	~1 cm	~1 cm
运行温度	15 to 40 °C					
应用	平版印刷、光遗传学、拉曼光谱、荧光光谱	眼科、PIV、拉曼光谱、DNA 测序、钛蓝宝石泵浦	拉曼光谱、荧光光谱、血细胞计数、光遗传学、超分辨显微镜	拉曼光谱、荧光光谱、血细胞计数、光遗传学、超分辨显微镜	拉曼光谱、荧光光谱、生物医学成像、超分辨显微镜	拉曼光谱、荧光光谱、生物医学成像、超分辨显微镜

1.4 小型固体激光器

1.4.1 小型 DPSS 脉冲 / 连续激光器

德国 Crylas (Crystal Laser GmbH) 公司主要生产基于半导体泵浦微片激光技术的固态纳秒脉冲与连续激光器。其脉冲激光器具备 1~2ns 短脉宽，能量覆盖 μJ ~mJ，重频自 30Hz 至 20kHz，可输出 1064nm 及其谐波（532、355、266、213nm）。而连续输出激光器则主要是 266nm 的深紫外波长输出，最高功率可达 500mW。

1) 纳秒脉冲激光器



特点

- 用户友好的即插即用系统
- 紧凑型设计
- 短脉宽，高品质光束
- 自动控制输出能量
- 内 / 外触发
- 单发及按需输出模式

主要应用：

- LIBS
- MALDI-TOF
- 钻孔与打标
- 紫外光解
- 激光捕获显微解剖

主要型号指标

型号	输出波长 (nm)	最高能量 (μJ)	最大重频 (Hz)	脉宽 (ns)
FQSS-213-Q	213	>2.5	>20k	≤ 1.0
FQSS-266-Q	266	>12	>20k	≤ 1.0
FTSS-355-Q	355	>42	>20k	≤ 1.4
FDSS-532-Q	532	>42	>20k	≤ 1.3
DSS-1064-Q	1064	>90	>20k	≤ 1.5
FQSS213-50	213	>50	30	≤ 1.3
FQSS-266-50	266	>50	100	≤ 1.3
FQSS-266-200	266	>200	60	≤ 1.5
FTSS355-50	355	>70	100	≤ 1.3
FTSS355-300	355	>300	80	≤ 1.7
FDSS532-150	532	>150	100	≤ 1.5
FDSS532-1000	532	>1000	80	≤ 1.8
DSS1064-450	1064	>450	100	≤ 2.0
DSS1064-3000	1064	>2500	80	≤ 2.5
eMOPA213-20	213	>20	1k	≤ 1.0
eMOPA266-40	266	>40	1k	≤ 1.0
eMOPA355-100	355	>100	1k	≤ 1.3
eMOPA532-200	532	>200	1k	≤ 1.5
MOPA266-50	266	>50	1k	≤ 1.0
MOPA355-50	355	>200	1k	≤ 1.4
MOPA355-500mW	355	>25	20k	≤ 1.1
MOPA532-250	532	>250	1k	≤ 1.4
MOPA532-700mW	532	>48	20k	≤ 1.3
MOPA1064-650	1064	>650	1k	≤ 1.6
MOPA1064-2000mW	1064	>130	20k	≤ 1.5

2) 266nm 连续激光器



特点

- 用户友好的即插即用系统
- 密封单体设计
- 真连续，优质光束
- 自动控制输出功率
- 低噪声、长相干长度
- 单纵模运行

主要应用：

- 全息光刻
- 干涉计量
- 宽禁带材料光致发光
- 深紫外拉曼
- 晶圆 / 掩模检测

CryLas 连续激光器提供深紫外波段 (266nm) 高达 0.5W 的连续输出，单纵模运行，为深紫外应用的理想光源。

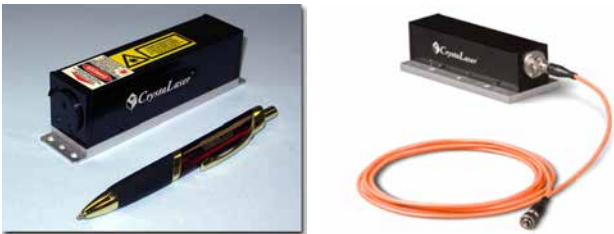
主要型号指标

型号	波长	最大功率	功率稳定性	光束质量	线宽	相干长度
FQCW266-10-C	266nm	> 10 mW	≤ 2.0 %rms	TEM_{00} , $M^2 \leq 1.3$	<300kHz	>1000m
FQCW266-10		> 10 mW	≤ 2.0 %rms			
FQCW266-25-C		> 25 mW	≤ 2.0 %rms			
FQCW266-25		> 25 mW	≤ 2.0 %rms			
FQCW266-50		> 50 mW	≤ 1.0 %rms			
FQCW266-100		> 100mW	≤ 1.0 %rms			
FQCW266-200		> 200 mW	≤ 1.0 %rms			
FQCW266-300		> 300 mW	≤ 0.5 %rms			
FQCW266-500		> 500 mW	≤ 0.5 %rms			
FQCW266-1000		> 1000 mW	≤ 0.2 %rms			

1.4.2 小型 DPSS 及半导体激光器

CrystaLaser 公司位于美国加州，生产从紫外—红外波段的小型激光器。其产品覆盖连续输出的 DPSS 激光器、连续输出的半导体激光器、调 Q 输出的 DPSS 激光器、多色激光组合器、皮秒脉冲半导体激光器、紫外固化光源、法拉第光隔离器等附件。这一类激光器适合实验室常规应用，尤其在生物荧光、材料激发等领域提供丰富色彩的光源。

此类小型激光器不同波长会分别采用 DPSS 技术以及半导体激光器技术。通常而言 DPSS 具备更好的近场光斑、横模、波长稳定性和更窄线宽，而半导体激光器则提供更加丰富的波长选择，且可实现外加信号直接对激光器进行强度调制。针对特定的应用，半导体激光器也可实现 TEM₀₀ 和 / 或单纵模输出。



1) 连续输出蓝紫激光器 375nm ~ 490nm

蓝紫激光器具备较高的光子能量，可激发大多数荧光材料；这一波段的固体激光器可替代广泛使用的离子激光器，具备成本低、使用方便、体积小、稳定性好、寿命长的优势。

CrystaLaser 提供 375 ~ 490nm 的半导体及 DPSS 连续输出激光器：

典型波长	375、390-425、405、420、430、442、456、462、473、488nm						
输出波长 ±5nm	375	405	390-435	440-462	473	488	473 DPSS
最大功率（多横模输出）	250mW	1W	1W	4W	1W	2W	-
最大功率（TEM ₀₀ 输出）	60mW	400mW	200mW	450mW	250mW	180mW	150mW
最大功率（单纵模输出）	25mW	75mW	50mW	50mW	75mW	50mW	20mW
单横模光束质量 M ²	<1.3						<1.2
光谱线宽	<1nm；SLM 型号 <0.0001nm						
调制	支持 TTL 调制						-
耦合	支持光纤输出						

2) 连续输出黄绿激光器 515 ~ 593nm

CrystaLaser 绿色 ~ 黄色激光器主要采用 Nd 掺杂增益介质的二倍频，部分波长提供半导体激光器。特色产品 515/488 双线输出激光器可用于直接替代多线氦离子激光器。

黄绿 DPSS 激光器：

输出波长	532、527、542、555、561、593nm
增益介质	Nd:YAG, Nd:YVO ₄ , Nd:YLF
输出功率（mW）	1000, 500, 300, 200, 150, 100, 75, 50, 25, 10, 5
横模	TEM ₀₀ , M ² <1.1

绿色半导体激光器：

输出波长	505nm	515nm	520nm
最高输出功率（多模）	50mW	1.5W	1.5W
最高输出功率（TEM ₀₀ ）	40mW	120mW	100mW
纵模	多纵模 可选单纵模型号		

3) 连续输出红光及红外激光器

红光 ~ 红外波段 Crysta Laser 激光器均输出 TEM₀₀ 横模，包括多种波长的半导体激光器和 656.5、660 及 671nm 的 DPSS 激光器以及红外 DPS 是激光器。可选 SLM 型号，且部分波长相干长度可达 300m。633nm 单纵模激光器输出可达 50mW，是高功率 HeNe 激光器的理想替代。

半导体激光器可支持高达 200MHz 的 TTL 调制。

红光半导体激光器：

典型波长	633, 638, 642, 647, 660, 690, 780, 785, 808, 830, 852, 910, 940, 980, 1310, 1550					
输出波长 $\pm 4\text{nm}$	633-647	660	690-750	785	808-860	905-1680
最高功率	150mW	250mW	50mW	400mW	500mW	300mW-2W
单纵模输出	70mW, 50mW, 50mW			300mW	350mW	1W
横模	TEM_{00} , $M^2 < 1.3$					
线宽	$< 1\text{nm}$; 单纵模型号 $< 0.001\text{nm}$					
相干长度	单纵模型号 $> 5\text{m}$ (可选 $> 100\text{m}$)					

红光 DPSS 激光器：

输出波长	656.5nm	660nm	671nm
输出功率	250, 200, 100, 50, 35, 25, 10mW		
单纵模输出功率	25mW	50mW	250mW
横模	TEM_{00} , $M^2 < 1.1$		
线宽	$< 0.1\text{nm}$; 单纵模型号 $< 0.00,001\text{nm}$		
相干长度	1-5mm, 单纵模型号 $> 300\text{m}$		

红外 DPSS 激光器：

输出波长 nm	1064	1053/1047	1122/1342	1313/1319/946	1030
最大 TEM_{00} 输出	4W	3W	1.5W	1W	200mW
最大单纵模输出	1W	500mW	500mW	200mW	100mW
光束质量	TEM_{00} , $M^2 < 1.1$				
光束直径	0.45mm @ $1/e^2$; 可选 2 ~ 9x 扩束器				
线宽	0.3nm; 0.1/0.05nm 窄线宽选项; $< 0.000,01\text{nm}$ 单纵模选项				

4) 多色激光组合器



特点

- 支持多达四路激光组合
- 每路激光支持读理的 TTL 调制（可达 20MHz）；支持快速切换
- 支持激光器强度独立模拟调制；
- 先进热管理系统，保证输出稳定性

应用

- 共聚焦显微
- 流式细胞仪
- 荧光
- 光遗传与神经科学
- 基因组学
- PALM, STORM, TIRF
- 视紫质模拟
- 药物研究
- 白光全息

很多应用中需要切换多个波长激光。Crysta Laser 设计的紧凑型 Nordic 组合器，可将多个波长、多个颜色的激光组合至一路输出。激光可由同一出口准直输出，或通过单模 / 多模 / 保偏光纤输出。

常用波长与染料

波长	相关染料				
375nm	Blancophor SV	Calcein Blue	Dapoxyl	LysoSensor Blue	
405nm	Alexa Fluor 405	Cascade Blue	Dylight 405	Pacific Blue	DAPI
445nm	Alexa Fluor 430	AmCyan	Lucifer Yellow	Sevron Orange	
473nm	AcGFP1	Fura Red	Midoriishi Cyan	Procion Yellow	
488nm	Alexa Fluor 488	Cy2	Dylight 488	Fluorescein	
515nm	Astrazon Red 6B	Magdala Red	PhiYFP	Sulphorhodamine B	
527nm	RH 237	TurboYFP	ZsYellow	Ethidium Homidimer	
532nm	Alexa Fluor 532	NeuroTrace530	Propidium Iodide	LysoTracker Yellow	
561nm	Alexa Fluor 568	Alizalin	mTangerine	Rhodamine Cy3	
593nm	MCherry	mPlum	Texas Red	mRaspberry	
633nm	Alexa Fluor 633	APC-Cy7	Nile Blue	Allophycocyanin	
640nm	DiIC1	NeuroTrac 640	TO-Pro-3	TOTO-3	
647nm	Alexa Fluor 647	Cy5	BODPY 650	Dylight 649	
660nm	Alexa Fluor 647	SYTO 63	BODPY 665		
685nm	Alexa Fluor 680	Cy5.5	Dylight 680		
750nm	Alexa Fluor 750	Cy7	Dylight 750		
785nm	Alexa Fluor 790	IRDye 800	Dylight 800		

主要指标

光束重合度	$< 0.05\text{ mrad}$
指向稳定性	$< 0.02\text{ mrad}$
输出稳定性	$< 2\%$ over 24 hours
单模光纤准直器	0.8mm @ $1/e^2$
运行温度	10 ~ 35°C
尺寸	60 × 190 × 350 mm ³

5) DPSS 调 Q 脉冲激光器



主要参数

脉冲能量	0.001 ~ 0.3mJ, uJ to 1mJ for Nd:YLF
脉冲宽度	10ns ~ 25ns 取决于激光类型和重频; 可订制 1ns ~ 300ns
重频	1kHz ~ 100kHz 内部控制; 0Hz ~ 200kHz 外触发
外触发	TTL, 上升沿
横模	TEM ₀₀ , M ² <1.1 (typical)
纵模	可选单纵模
散热	传导散热
供电	90 ~ 250V AC, 可选 12V 供电

CrystaLaser 提供多种小型 DPSS 调 Q 激光器, 体积紧凑、无需水冷, 具备紫外 ~ 近红外多个波长选项。输出功率可达 W 级, 单脉冲能量 μJ ~mJ, 重复频率可高达百 kHz。这些激光器均具备 TEM₀₀ 横模, 并可选择单纵模输出。

波长与输出功率

	Nd:YAG/ Nd:YVO ₄	Nd:YLF	最高平均功率
紫外激光	266nm	262, 263nm	75mW
紫外	355nm	349, 351nm	200mW
蓝色激光	473nm	440, 447nm	50mW
绿色激光	532nm	523, 527nm	2W
红色激光	671nm	657, 660nm	400mW
近红外	1064nm	1047, 1053nm	4W
其它波长	438, 555, 561, 589, 593, 750-1000 可调谐, 946, 1313, 1320, 1342nm		

6) 皮秒半导体激光器



通过增益调制直接产生皮秒脉冲的半导体激光器, 具备丰富的波长选择, 体积小巧。CrystaLaser 提供 375-1550nm 波长范围, 脉宽 <80ps, 峰值功率可达 1W, 重频可达 200MHz 的皮秒半导体激光器。

广泛用于:

- 荧光寿命测试 / 时间分辨荧光光谱 / 荧光各向异性
- 快速光电管 / 光电电路时间响应测试
- OTDR
- 激光放大器种子
- FLIM, PLIM
- STED
- 双焦点荧光相关光谱 2fFCS
- 脉冲交替激发 (PIE)
- 原子氧
- 激光切割 / 溶蚀

皮秒半导体激光器输出参数表

波长 nm ($\pm 5\text{nm}$)	脉冲宽度 ps	峰值功率 mW	平均功率 mW @ 25MHz	平均功率 mW @ 50MHz	发散角 mrad
375	<80	300	0.25	0.50	1.0
405		1200	1.00	2.00	1.0
445		400	0.40	0.80	1.0
462		1000	0.85	1.60	3.0
473		400	0.35	0.70	1.0
488		500	0.45	0.80	1.1
515		400	0.35	0.70	1.1
532		150	0.15	0.30	1.1
561		150	0.15	0.30	1.1
593		100	0.10	0.20	1.1
633		300	0.25	0.50	1.2
660		400	0.35	0.70	1.2
685		300	0.25	0.50	1.2
725		300	0.25	0.50	1.2
785		800	0.70	1.40	1.2
808		900	0.75	1.50	1.2
830		900	0.75	1.50	1.3
860		900	0.75	1.50	1.3
910		300	0.25	1.50	1.3
947		400	0.30	0.60	1.3
980		400	0.30	0.60	1.4
1030		500	0.45	0.90	1.4
1064		500	0.45	0.90	1.4
1080		500	0.45	0.90	1.5
1320		900	0.75	1.50	1.5
1550		900	0.75	1.50	1.5

7) UV 固化光源



UV 光源广泛用于 UV 胶、油墨等快速固化。替代传统的汞灯光源，LED 光源具备轻便、长寿命、低成本的特征。Crysta Laser 360UV 型手持 UV 光源，采用可充电电池供电，可设置辐照时间，是非常方便的 UV 固化工具。

- 中心波长 : $360 \pm 9\text{nm}$
- 输出功率 : $>1\text{W}$ 紫外光
- 最大紫外功率密度 : $10\text{W}/\text{cm}^2$
- 全铝合金外壳，避免 UV 解离污染环境
- 多档时间设定 :5~60 秒，5 秒一档
- 开机即用，0.01 秒热机时间

8) 法拉第隔离器



法拉第隔离器用于在光学系统中防止背向散 / 反射光进入激光器干扰激光器的工作。

Crysta Laser 提供全系列单级 / 双级法拉第隔离器：

- 波长范围 :248 ~ 1650nm 多个波长
- 口径 :3 ~ 12mm
- 典型隔离度 :33dB (单级)，60dB (双级)
- 透过率 : $>90\%$ (单级)， $>80\%$ (双级)

1.5 半导体激光器

1.5.1 迷你型半导体激光器

德国 RGB Laser Systems GmbH (原 RGB photonics) 十五年来致力于迷你型固态激光器研发和生产。产品以半导体激光器为主，部分波长采用 DPSS 激光器。根据产品设计尺寸、输出功率，分为 Lambda Beam、Lambda Beam Wavelock、Lambda Mini 三个系列，其中 Lambda Beam 为最高功率可达 1W 的迷你固态激光器；Lambda Beam Wavelock 为波长稳定性半导体激光器，适合拉曼等要求固定波长的应用；Lambda Mini 为一体式微型半导体激光器，激光器和控制电源集成在火柴盒大小的封装中，采用 USB 供电即可出光。RGB Laser Systems 激光器支持光斑整圆、光纤耦合等选项功能。

1) Lambda Beam 系列



- 最高输出功率可达 1W
- 高光束质量与稳定性
- 丰富波长选择，可精细调节
- 可达 1.5MHz 调制
- 温度稳定
- 长寿命

可选波长

类型	波长	最高输出功率	类型	波长	最高输出功率
Diode	375nm	20,70,200*mW	Diode	635nm	75,125mW
Diode	395nm	120mW	Diode	638nm	75,125,175,250*,500*mW
Diode	405nm	75,125,175,200,300,500*,1000*mW	Diode	642nm	75,125,175mW
Diode	415nm	120mW	Diode	650nm	150*mW
Diode	420nm	50mW	Diode	660nm	75,125,175,250*mW
Diode	422nm	120mW	Diode	670nm	15,250*mW
Diode	430nm	50mW	Diode	685nm	40mW
Diode	445nm	50,75,100,250*,500*,1000*mW	Diode	705nm	40mW
Diode	450nm	75,1000*mW	Diode	730nm	40mW
Diode	455nm	50,100mW	Diode	785nm	75,125,200mW
Diode	473nm	100mW	Diode	805nm	500*mW
Diode	488nm	20,60,200mW	Diode	808nm	75,125,175,1000*mW
Diode	505nm	75mW	Diode	830nm	45,75,125,1000*mW
Diode	510nm	50mW	Diode	852nm	75,125mW
Diode	515nm	25,75mW	Diode	905nm	100mW
Diode	520nm	50,120,500*mW	Diode	915nm	75,125,175,250,1000*mW
DPSS	532nm	75,100,125,175,200mW	Diode	940nm	75,125,175,200*mW
DPSS	532nm	125,175,200mW 窄线宽	Diode	980nm	75,125,175,250,1000*mW
Diode	633nm	75mW	Diode	1064nm	125,175,300*,500*,1000*mW

注：* 表示多横模输出；Diode Laser 输出波长准确度为 $\pm 5\text{nm}$ ；

输出特性

	Diode Lasers	DPSS Lasers
光束直径	1.1×2.2 ~ 1.2×4.3 mm	1.2mm 圆形
发散角	<1.2mrad	
光束模式	TEM ₀₀ (多模型号除外)	
偏振	线偏振, >100:1	线偏振, >10:1
光束指向	<5mrad, <0.1mm, 相对于底板	
指向稳定性	<5urad/K	
噪声	<2% rms	
功率稳定性	<1% (10h)	<3% (8h)
温度稳定性	<10mK	
热机时间	5s 可用, 5min 达到指标	
驱动模式	主动电流控制	主动功率控制
调制	可调连续输出, 模拟及数字调制达 1.5MHz	连续输出, 可开关切换, 最高 1kHz
控制模式	通过 USB 控制功率, 温度及调制模式	通过 USB 控制功率及调制
CDRH 分级	3b (>500mW 型号为 4)	
尺寸	63.5mm×31.0mm×32.5mm	
重量	94g (激光头)	
运行温度	0°C ~ 45°C 不结露	
存储温度	-25°C ~ 70°C	

控制器与操作软件

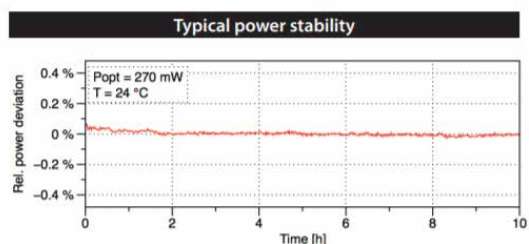
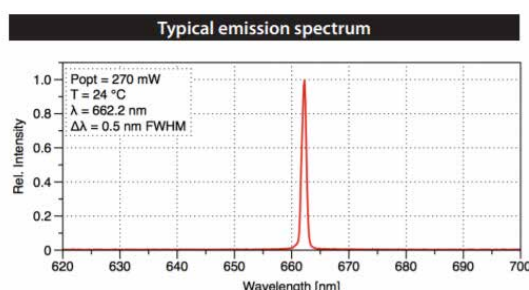
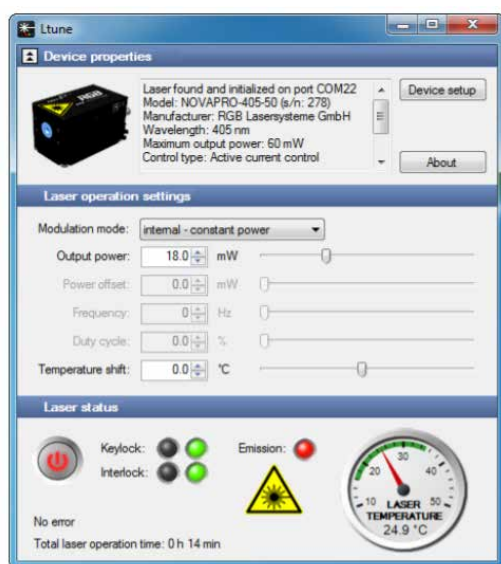
Lambda Beam 系列提供两种控制器，分别为 Power Controller 与 Power Box，适合分立式与直插式控制。Ltune 软件可通过 PC 监测、控制激光器的状态。



Power Controller

Power Box 与激光器直插

	Power Controller	Power Box
调制输入	0~5V 模拟及数字信号	
调制带宽	0.5MHz	1.5MHz
通讯介面	USB (可选 RS232)	
线缆长度	80cm (标配)	-
其他控制输入	Interlock, 启停钥匙, 调制模式开关	Interlock
供电	12V DC, 最高 2A	12~36V DC, 最高 2A
AC 适配器	100 ~240V, 标配	-
尺寸	85mm×85mm×32.5mm	39mm×31mm×32.5mm
重量	416g	69g



左：控制软件；右上：典型输出光谱；右下：典型功率稳定性

其他选项

- 高偏振度选项 (>10,000:1)
- Diode Laser 光斑整圆选项
- 机械快门
- 订制激光波长
- 水冷底板
- RS232 介面
- 光纤输出



2) Lambda Beam Wavelock 系列

半导体激光器波长易随温度、电流变化，不适合需要波长稳定的应用，如拉曼光谱、全息、计量等。Lambda Beam Wavelock 系列通过稳定波长来解决这一问题。



- 波长稳定性 <0.015nm
- 相干长度达到 10m
- 最高功率可达 500mW
- 优质光斑，高稳定性
- 温度稳定
- 高性价比

波长 / 型号

波长	最高输出功率	线宽	相干长度
405nm	12, 25, 40mW	<160MHz/ 0.1pm	>1.0m
633nm	40, 70mW	<20MHz/ 0.05pm	>10.0m
638, 640nm	32mW	<300MHz/ 0.5pm	>1.0m
638nm	120mW	<120MHz/ 0.5pm	>2.0m
658nm	35mW	<300MHz/ 0.5pm	>1.0m
685, 690nm	45mW	<100MHz/ 0.2pm	>3.0m
785nm	80, 100mW	<50MHz/ 0.1pm	>3.0m
785nm	175, 225mW	<12MHz/ 0.1pm	>10.0m
785nm	500*mW	<66GHz/ 0.15nm	>4.0mm
785nm	75, 100mW	<50GHz/ 0.1nm	>0.6cm
808nm	120mW	<50MHz/ 0.1pm	>3.0m
830nm	500*mW	<66GHz/ 0.15nm	>4.0mm

注：* 表示多横模输出；Diode Laser 输出波长准确度为 $\pm 1\text{nm}$ ；

输出特性

光束特性		通用特性	
光束口径	$1.1 \times 2.2 \sim 1.2 \times 2.8\text{mm}$	热机时间	5s 可用, 3min 达标
发散角	<1.2mrad	驱动模式	主动电流控制
空间模式	TEM ₀₀ (多模激光除外)	调制模式	连续可调功率, 1.5MHz 模拟 / 数字化调节
偏振	线偏振, >100:1	控制模式	USB 控制功率, 温度及调制
指向	<5mrad, <0.1mm 相对于底板		可选 RS232
指向稳定性	<5urad/K	CDRH	3b (>500mW 为 4 级)
噪声	<2% rms	尺寸	63.5mm × 31.0mm × 32.5mm
功率稳定性	<1% (10h)	重量	94g
温度稳定性	<10mK	运行环境	0°C ~ 45°C, 不结露

控制器与操作软件

Lambda Beam Wavelock 系列控制器与 Lambda Beam 相同，请参见上节描述。

典型应用

波长稳定、相干长度长的激光器广泛应用在相干测量与计量、精密光谱领域：

- 分析仪器
- 生物仪器设备
- 激光共聚焦
- 全息
- HeNe 替代
- LIDAR
- 光学计量
- 拉曼光谱
- 散斑干涉
- 光动治疗

3) Lambda Mini 系列

Lambda Mini 系列为迷你型半导体激光器，在火柴盒大小的外壳中封装了激光器和控制器，仅需 USB 供电就能运行，同时性能与主流半导体激光器相当。



- 体积迷你，功能齐全
- 最高功率可达 100mW
- USB 供电，无需控制器或其他电源
- 高性价比
- 自由光输出与光纤输出

主要型号

波长	Lambda Mini EVO 自由光输出	Lambda Mini Fiber 光纤输出
375nm	50mW	-
405nm	15, 50mW	15, 50mW
445nm	-	30mW
488nm	60mW	20mW
515nm	25mW	-
520nm	50mW	25mW
635nm	-	30, 60mW
640nm	75mW	-
660nm	75mW	50mW
785nm	75mW	50mW
830nm	45mW	50mW
1064nm	-	50mW
1310nm, 1550nm	-	10mW

输出特性

	光束特性		通用特性
光束口径	1.1×2.2 ~ 1.2×2.8mm	热机时间	5s 可用
发散角	<0.9mrad	驱动模式	主动电流控制
空间模式	TEM ₀₀	控制模式	恒定功率输出，可通过 USB 控制
偏振	线偏振，>100:1	CDRH	3b
指向稳定性	<5urad/K	尺寸	40mm×25mm×25mm
噪声	<2% rms	重量	41g
功率稳定性	<2% (10h)	运行环境	0℃ ~ 45℃，不结露

1.5.2. QCW 半导体激光器

基于独到的 LD Bar 条封装技术, Quantel 提供准连续 (QCW)、连续 (CW) 激光二极管堆栈及模块, 所有模块都采用可靠的传导散热技术; 同时, Quantel 半导体激光部门具备完整的振动、冲击、温度循环、耐辐射测试与老化能力, 可提供宇航级产品。产品覆盖垂直叠阵 (V-Stacks)、水平叠阵 (H-Stacks)、一体式高亮度光源、OEM 板卡级高亮度光源、光纤输出光源等。产品经过美国国家航天航空局 (NASA)、欧洲航天局 (ESA)、日本航天局等多个空间项目以及美国劳伦斯·利弗莫尔 (LLNL) 等高功率激光装置验证。

在 LD 模块的基础上, Quantel 推出多个波长的高重频、高平均功率、纳秒 - 微秒脉宽准连续光源, 广泛用于光声光谱、3-D 闪光激光雷达等应用。板卡级 OEM 模块则可轻松集成于用户的系统中。



Quantel QCW 泵源用于“好奇号”火星探测器的激光器

1) 连续工作 (CW) 半导体模块



- 波长范围 :790nm-980nm
- 功率范围 :20W-60W
- 发散角度 : $10 \times ^\circ 38^\circ$
- 快轴准直角度 (FAC) : $<0.5^\circ$
- 宇航级验证

2) QCW 半导体激光堆栈

非连续工作半导体激光器包括垂直叠阵 (V-Stacks)、水平叠阵 (H-Stacks) 产品, 可用于固体激光器泵浦 (DPSS) 及脱毛、嫩肤及光声等医疗相关应用。



- 808, 880, 915, 940, 980 等多个波长选择
- Bar 条数目 :1-25/Stack
- Pitch between bars:400-5000 μ m
- 峰值功率 /bar: 可达 500W
- 波长 :790-980nm (每个 Stack 可封装多个不同波长)
- 峰值功率 /Stack:up to 10000W (大于 10000 可定制)
- 快轴准直角度 (with FAC) : $<0.5^\circ$
- 指向性 (bar 与 bar 之间) : ± 3 mrad
- 工作稳定 : $-50^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}$

3) 脉冲 LD 光源

将 QCW 堆栈与小型化脉冲驱动源、散热器等结合, Quantel 提供脉冲能量可达 4mJ、ns 脉冲宽度、重频 1kHz - 500kHz 的多个波长的 QCW 光源, 广泛应用于超声波产生、光声光谱、TOF 测距、3D 闪光汽车激光雷达等应用。

高重频脉冲光源



- 1mJ/100ns ~ 2.5mJ/200ns
- 最高 10kHz 重频
- 最高 20W 平均功率
- 808, 915, 940, 980, 635,
- 760, 1550nm 等波长可选
- 快轴准直
- 高可靠性 (寿命 $>1 \times 10^9$ 发)
- 坚固可靠的封装

型号	QD-Qxy10-ILO				
脉冲宽度 (ns)	100	125	150	175	200
脉冲能量 (mJ)	1	1.5	2	2.25	2.5
最高平均功率 (W)	10	15	20		
最高重频 (kHz)	10			8	
输出波长 (nm)	标准品 :808, 915, 940, 980; 可选 :635, 760, 1550				

多波长脉冲光源

在光声光谱研究中通常需要多个波长的光源。Quantel 通过将多种波长 LD 及其驱动封装在坚固可靠的外壳中，为光声光谱提供小型化、紧凑型、多波长、高重频纳秒光源，可用于研究以及系统集成。

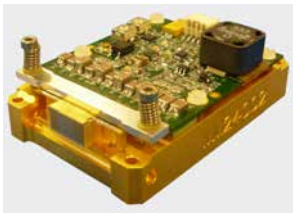
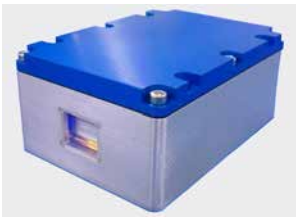


- 最高集成 4 个波长激光器
- 高达 8mJ 总能量 /24W 总平均功率
- 6kHz 重频 (10kHz 突发模式)

型号	QD-Qxy24-ILO(4)		
脉冲宽度 (ns)	80	100	130
单路脉冲能量 (mJ)	1	1.5	2
合并脉冲能量 (mJ)	4	6	8
最高平均功率 (W)	24		
最高重频 (kHz)	6	4.5	3
输出波长	最多四个波长 :808, 915, 940, 980, 635, 760, 1550		

短脉冲光源

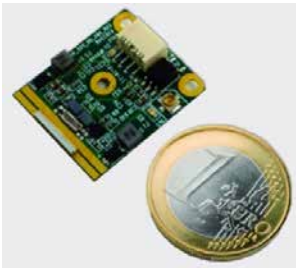
封装或板卡式短脉冲光源提供 30ns-100ns, 4mJ - 1mJ, kHz 重频，多种光束构型的 QCW 光源。



型号	QD-Qxy10-ILO/ QD-Qxy10-IL							
脉冲宽度 (ns)	30	40	50	60	70	80	90	100
脉冲能量 (mJ)	1	1.5	2	2.5	2.75	3	3.5	4
最高平均功率 (W)	6			5	5.5	3	3.5	4
最高重频 (kHz)	6	4	3	2		1		
输出波长 (nm)	标准品 :808, 915, 940, 980; 可选 :635, 760, 1550							

超短脉冲光源

超短脉冲光源提供 2μJ ~ 10μJ, 3ns 脉宽，100 - 500kHz 高重频的袖珍模块，为高精度 TOF 测距和 3D 闪光雷达提供理想照明。



型号	QD-Qxy03-IL		
脉冲宽度 (ns)	<3ns		
脉冲能量 (μJ)	2	5	10
最高平均功率 (W)	1		
最高重频 (kHz)	500	200	100
输出波长 (nm)	标准品 :808, 905, 915, 940, 980; 可选 :635, 760, 1550		

4) 光纤耦合输出 QCW 二极管阵列



- 高峰值功率
- 高光纤耦合效率
- 4 种波长可选 (808, 915, 940&980nm)
- 光纤可拆卸更换
- 传导散热
- 结构紧凑, 仅 38.5×81×56mm
- 抗冲击、抗震动设计

参数

	QD-Qxxxx-APFx
脉宽 (μs)	200
重复频率 (Hz)	< 200
占空比 (%)	< 4
输出功率 (W)	500
工作电流 (A)	< 140
工作电压 (V)	< 12
效率 (%)	> 40%
中心波长 @25℃ (nm) *	808, 915, 940 or 980 (± 5 typ.)
谱宽 (nm)	5
散热方式	传导散热
光纤接口	SMA 905
光纤芯径 (mm)	1
N.A	0.22
尺寸 (H x L x W) in mm [inches]	38.5 x 80 x 56 [1.5 x 3.15 x 2.2]

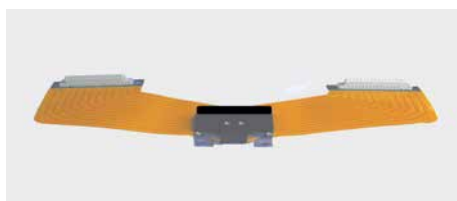
(*) 波长随温度的变化约为 0.3nm /℃

主要应用：

- 泵浦源
- 医疗激光
- 空间激光
- 光谱学

5) 可编程控制半导体模块

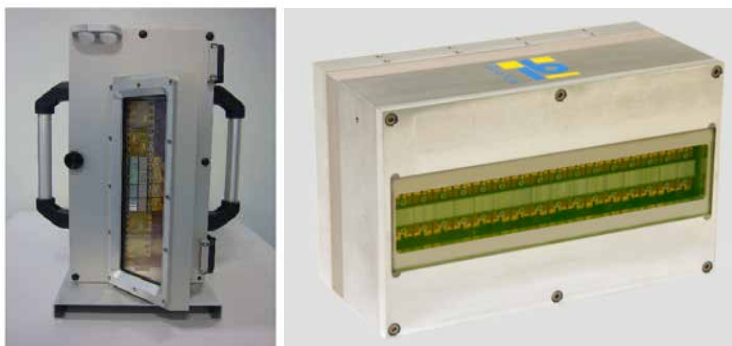
IALDA (Individual addressable laser diode array) 系列独立寻址可编程控制半导体激光器专注印刷、精密打标应用，阵列激光器中每个单独的发光点可以实现独立供电。



- 发光点数目 :20
- 输出功率 :2W/ 发光点, 整体 40W
- 空间占空比 : 20% (width of emitter: 50μm, Pitch between emitters:250μm)
- 输出波长 :830nm (标准), 808nm、9XXnm 可选

6) 高功率泵浦模组

多个 LD 堆栈组合为高效率、紧凑的高功率激光用泵浦模组，用于新一代高重频、大能量固体激光器泵浦。



- 单行高达 120kW 峰值功率 @ 940 & 980nm
- 单行高达 250kW 峰值功率 @880nm
- 8 行矩阵可提供高达 1MW 峰值功率
- 可提供集成在后背或分立式驱动器
- +10℃ ~ +40℃ 环境无去离子水运行
- 1G ~ 10G 使用寿命

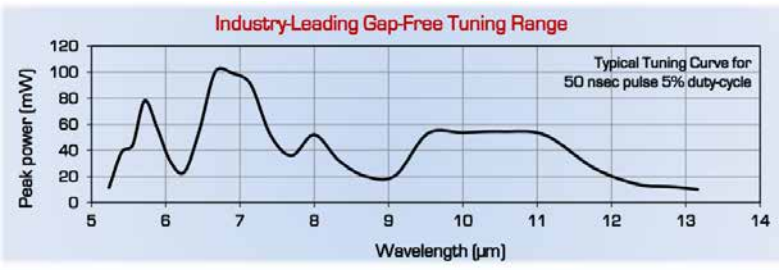
1.5.3 中远红外量子级联激光器

量子级联激光器（Quantum Cascade Laser, QCL）采用叠层结构的半导体，利用带间能级可调谐的产生中红外 - 远红外激光。很多气体分子、有机物的吸收光谱峰值位于中远红外波段，通过调谐激光器频率即可获得吸收光谱。这种方法被成为 TDLAS（Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy），广泛用于环境及安防方面的气体分子及有机物侦测。

Cascade 激光器的核心为半导体激光芯片，需要外围制冷、温控、恒流才能支持稳定、安全工作以及调谐输出。美国 Block Engineering 公司提供集成式 QCL 光源，以及 OEM 级别的微型 QCL。同时，Block Engineering 公司还提供中远红外探测器及成套化学气体侦测系统。

1) LaserTune 一体式量子级联激光器

LaserTune 为集成式 QCL 中远红外激光器，激光管、控制器集成于小体积机箱内，开机即用。可通过集成的触屏控制，也可通过无线网络遥控。用户可通过介面控制激光器的温度、电流、脉冲特性等，也可运行手动、步进、扫描调谐。扫描速度可达 $25\text{cm}^{-1}/\text{ms}$ ，脉冲宽度 $20 \sim 200\text{ns}$ 可调，重频可达 3MHz ，最高 15% 占空比，支持内触发、外触发。



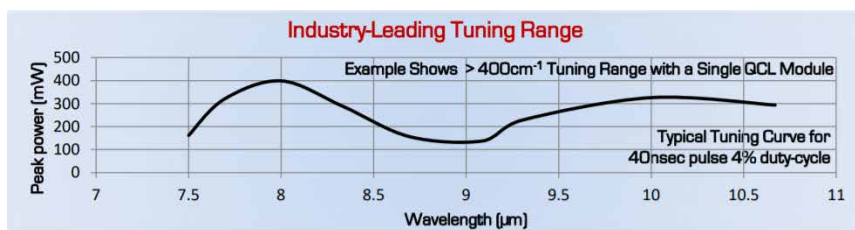
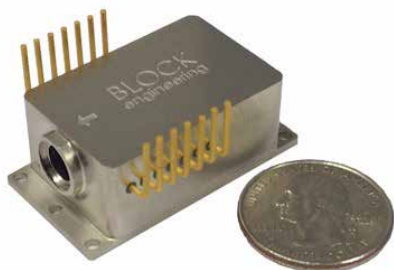
- 5.4 - 12.8 μm 无间隙调谐 ($\Delta v > 1050\text{cm}^{-1}$)；可配置 4 个内置激光头
- 25 cm^{-1}/ms 快速扫频
- 优秀的指向稳定性
- 单体全集成方案
- 弹性、用户油耗介面
- 可用于 OEM 及手持应用

无间隙调谐范围	5.4 - 12.8 μm ($\Delta v > 1050\text{cm}^{-1}$) 单台可配置 4 只激光管
光谱线宽	2 cm^{-1} (典型值)
光谱精度 / 重复性	<2 cm^{-1} / <0.5 cm^{-1} (典型值)
最高峰值功率	150mW (取决于选择的波长范围)
平均功率	0.5 ~ 10mW @ 5% 占空比
脉冲稳定性	<10% Pulse to Pulse
脉冲宽度	30 ~ 300ns, 通过外置脉冲控制连续可调; 内 / 外触发精度 10ns
重复频率	可达 3MHz
最高占空比	2.5 ~ 15%, 取决于脉冲宽度, 周期, 以及激光管
光束质量	单横模
光束口径	2 $\times$ 4mm, 准直输出
光束发散角	<5mrad
指向稳定性	<1mrad (99% 调谐范围)
偏振	竖直偏振, 100:1 消光比
调谐模式	手动设定波长; 步进调谐: 程控线性步进; 连续扫频: 扫频速率可调
步进调谐速度	15ms 内 100 cm^{-1}
扫频速度	可达 15 cm^{-1}/ms
电脑介面	Ethernet; HTML/SOAP 介面
同步脉冲控制	同步触发; 激光脉冲及调谐触发; 完全外触发控制

2) Mini-QCL 迷你量子级联激光器

Mini-QCL 为 LaserTune 的迷你版。在 1 英寸见方的体积内提供 250cm^{-1} 的调谐范围，适合 OEM 使用。Block Engineering 同时提供迷你驱动器，可驱动多个 Mini-QCL 模块。

Mini-QCL 可 OEM 集成至多种光谱设备中，例如光声光谱，环形腔衰荡光谱，显微红外光谱及 AFM 等。



- 非常紧凑，1 英寸见方，75g
- 调谐范围可达 1000cm^{-1} （多个模块组合）
- 可指定 250cm^{-1} 特定调谐范围
- 人眼安全，无燃爆风险

单模块调谐范围	5.4 - 12.8 μm 范围内 250cm^{-1} ；驱动器可驱动四个模块
光谱线宽	2cm^{-1} （典型值）
光谱精度 / 重复性	$<2\text{cm}^{-1}$ / $<0.5\text{cm}^{-1}$ （典型值）
最高峰值功率	150mW - 400mW（取决于选择的波长范围）
平均功率	2 ~ 20mW @ 5% 占空比
脉冲稳定性	$<5\%$ Pulse to Pulse; $<0.005\%$ / 10ms @ 1MHz
脉冲宽度	30 ~ 300ns，通过外置脉冲控制连续可调；内 / 外触发精度 10ns
重复频率	可达 3MHz
最高占空比	2 ~ 20%，取决于脉冲宽度，周期，以及激光管
光束质量	单横模
光束口径	2 $\times$ 4mm，准直输出
光束发散角	$<5\text{mrad}$
指向稳定性	$<1\text{mrad}$ （99% 调谐范围）
偏振	竖直偏振，100:1 消光比
调谐模式	手动设定波长； 步进调谐：程控线性步进； 连续扫频：扫频速率可调
步进调谐速度	10 cm^{-1} in 1ms, 100 cm^{-1} in 2ms
扫频速度	可达 15 cm^{-1}/ms
电脑介面	Ethernet; HTML/SOAP 介面（mini-QCL-200 控制器）
同步脉冲控制	同步触发；激光脉冲及调谐触发；完全外触发控制

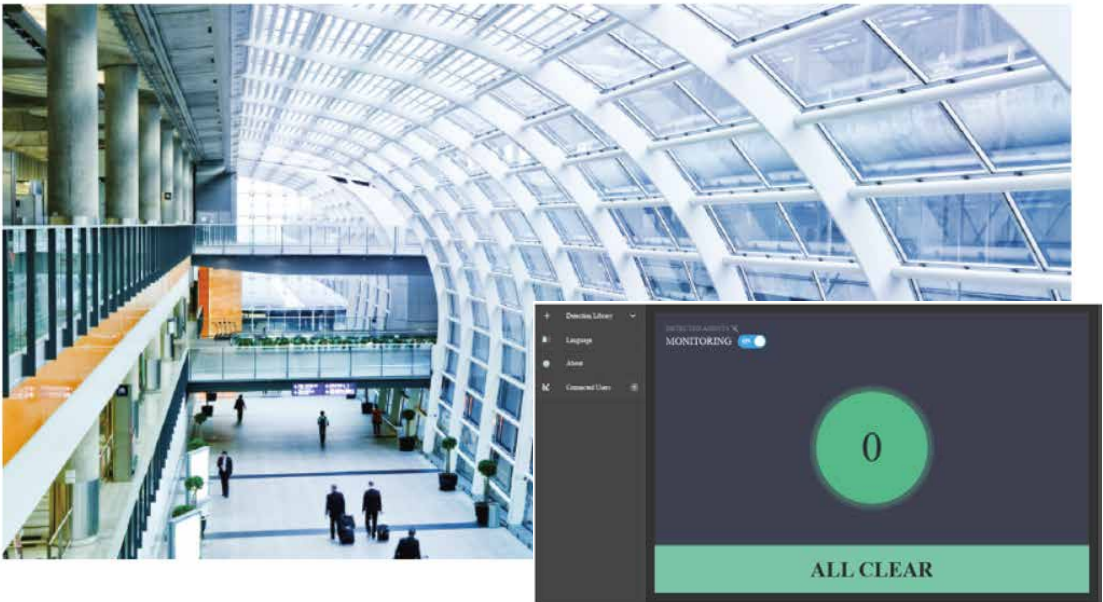
3) LaerWarn 开路式化学品探测系统

LaserWarn 为一台基于 TDLAS 的化学品识别系统，可在数秒内监测数百平米内的化学武器成份、工业有毒气体等，用于人身和设备保护。采用人眼安全的红外激光，LaserWarn 可实现宽范围监控，可侦测不同浓度的多种化学品，而无需多点布局。



- 可识别 300m 范围的化武分子与工业有害气体分子
- 室内外上千平米覆盖，人眼安全远红外激光
- AI 驱动软件，同时识别多种化学物
- 简便，多级图形化用户介面
- 选项
- 用户订制、可添加的化学品库
- IP66 认证版本，适合恶劣环境
- 固定及移动式配置
- 多语言界面

	LaserWarn	LaserWarn Ruggedized
最长探测路径	300m（单程）	
气体类型	大多数工业有害气体、化武气体、其他请询	
灵敏度	取决于气体种类与距离	
响应时间	小于 5 秒	
探测技术	红外吸收光谱	
重量	14.5kg	56.7kg（含云台）+ 电控箱 :16.3kg
封装	IP 20	IP 66
同时探测多组分气体	是	
运行温度	10℃ ~30℃	-20℃ ~ 60℃
安装	固定式；移动式	固定式



1.6 光纤激光器

1.6.1 Lumibird-Keopsys 光纤激光器

1. KILO MEGA 系列连续波窄线宽光纤激光器：

法国 Keopsys 公司为 Lumibird 的全资子公司，其 KILO 和 MEGA 系列的高稳定性窄线宽光纤激光器可提供 kHz 或 MHz 级别的激光线宽，以其坚固的结构提供了业界领先的性能，不受环境温度变化和环境振动的影响，集成了波长锁定输入、输出监控和中间级放大（可选）；输出波长在 530-560nm; 630-650nm; 676-790nm;1064nm, 1083nm 附近， 1545-1565nm 范围内均可提供相应型号。



CVFL-KILO



CYFL-KILO

- 特点：
- 单频激光器
 - 衍射极限输出
 - 单模光纤输出 1W-10W
 - 免于维护
 - 不受环境温度变化和环境振动的影响
 - 非常低相位噪声和相对强度噪声（RIN）
 - 卓越的边模抑制比（SMSR）
 - 波长可调（可选）
 - 激光频率调制（可选）
 - 线性偏振



CYFL-MEGA



CEFL-KILO

典型应用：

- 原子 / 分子冷却（铷、钾、镱、CaF 等）
- 量子光学，产生量子纠缠
- 光镊
- 光学计量与测试
- 原子光谱，原子激光干涉
- 激光雷达

型号	CVFL-KILO	CYFL-KILO	CYFL-MEGA	CEFL-KILO
可选波长范围 nm	530-560; 630-650; 676-790	1064, 1083 nm	1064nm	1545-1565 nm
标准波长 nm	531, 532, 767, 775, 778, 780	1030, 1064, 1083	1064 nm	1550, 1555 nm
平均功率 W	2W	1-20W	1-20W	1-15W
激光线宽	kHz 范围	3kHz 或 20kHz	4MHz	3kHz 或 50kHz
波长稳定度	+/- 15MHz	+/- 15MHz	10pm	+/-0.5pm
波长调谐 - 调温法		可选		30pm 或 1nm
激光频率调制范围		可选		100-200MHz
光频率调制带宽	DC-35kHz	DC-100kHz	DC-1kHz	DC-100kHz
偏振	随机偏振 RP 或线偏振 LP 可选（17dB PER）			
光束品质 M ²	1.2	1.1(<2W)-1.3	1.1	1.1
输出方式	FC/APC 或自由光			
		FC/APC, E2PS, 或准直光		

2. GIGA TERA 系列连续波常规线宽光纤激光器：

法国 Keopsys 公司的 GIGA 系列的高稳定性光纤激光器标准提供 GHz 级别的常规激光线宽，在 520-590nm 绿光波段可提供 3W, 在 1083nm 近红外波段可提供 20W 的功率输出。应用于超分辨显微镜，医学影像等领域



CVFL-GIGA



CYFL-GIGA

特点：

- GHz 级别线宽
- 衍射极限输出
- 不受环境温度变化和环境振动的影响
- 免于维护
- 卓越的边模抑制比（SMSR）

型号	CVFL-GIGA	CYFL-GIGA
可选波长范围 nm	520-590nm	1083 nm
标准波长 nm	520, 532, 546, 560, 577	1083 nm
平均功率 W	可达 3W	2- 20W
激光线宽	常规 20GHz	常规 2GHz
波长稳定度	<10pm	
功率稳定度	<2% (1 小时)	
调制	可选	
输出监测	内置	可选
光频率调制带宽	NA	DC-1kHz
偏振	线偏振 PER>20dB	随机偏振或线偏振 PER>17dB
光束品质 M ²	1.2	1.1
输出方式	FC/APC 或准直光	FC/APC, E2PS 或准直光
典型应用	超分辨显微镜, DNA 测序, 医疗, 激光表演, 激光多普勒	医学成像, 核物理, 氢泵浦, 吸收光谱, 波长转换

法国 Keopsys 公司的 TERA 系列的高稳定性光纤激光器标准提供 THz 级别（也就是 nm 级别）常规激光线宽，在 1060nm-2050nm 波段有多种激光器可供选择，连续波输出功率可达 30W。应用于放大器泵浦，光学器件检测等领域



CYFL-TERA



CRFL



CEFL-TERA



CTFL-TERA

型号	CYFL-TERA	CRFL	CEFL-TERA	CTFL-TERA
可选波长范围 nm	1060-1090 nm	1455-1480 nm	1531-1533,1534-1536', 1540-1560 nm	1900-2050 nm
标准波长 nm	1075 nm	1455, 1480 nm	1532, 1535, 1550nm	2000nm
平均功率 W	1- 20W	2- 20W	1- 30W	可达 30W
激光线宽	<2nm	2nm, 3nm	<1nm	NA
波长稳定度	NA	NA	NA	NA
功率稳定度	<2% (1 小时)	NA	<2% (1 小时)	NA
调制	可选 (最高 20kHz)	NA	可选	NA
输出监测	可选	内置	可选	NA
光频率调制带宽	NA	NA	NA	NA
偏振	随机偏振或线偏振	随机偏振	随机偏振或线偏振	NA
光束品质 M ²	1.1	1.1	1.1	1.1 -1.3
输出方式	FC/APC 或准直光	FC/APC,E2PS 或准直光	FC/APC 或准直光	FC/APC 或准直光
典型应用	光器件检测, 原子激光干涉, 光镊, 激光捕获光谱	分布式拉曼放大, 远距 EDFA 泵浦, 光纤器件检测, 泵浦分支机构	光器件检测, 激光捕获光谱, 激光医疗, 激光加热, OPO 或铥光纤泵浦	激光医疗, 塑料加工, 固体激光泵浦

3. PEFL-EOLA 脉冲窄线宽光纤激光器



PEFL-EOLA 脉冲光纤激光器整机



PEFA-EOLA 脉冲放大器（接客户自有种子）

测风激光雷达，按照工作体制分类，可以分为相干探测和直接探测两种。Keopsys 脉冲窄线宽光纤激光器工作波长为 1550nm 人眼安全，不惧环境温度变化和振动，体积小，能耗低，使用简便稳定，非常适合于相干法多普勒频移测风。

型号	PEFL-EOLA	型号	PEFA-EOLA
工作模式	脉冲激光整机	工作模式	脉冲放大器
可选波长范围 nm	1540-1560nm	标准工作波长 nm	1543nm
单发能量	可达 400μJ	可选波长范围 nm	1540-1560nm
平均功率 W	可达 4W	输入功率	16uW
激光线宽	3kHz-1MHz 范围	输出功率	可达 2.2W
脉冲宽度	100-800ns	重复频率	10-20kHz
重复频率	10-20kHz	峰值功率	900W
峰值功率	900W	输出单发能量	可达 220μJ
偏振	线偏振	偏振	线偏振
光束品质 M ²	1.1-1.5	脉冲宽度	100-800ns
输出方式	FC/APC	输出方式	FC/APC 或准直光
应用举例	测风雷达，气象检测，污染检测，气溶胶检测，风力发电优化		

4. 脉冲常规线宽光纤激光器

脉冲常规线宽光纤激光器分成三类，一类是脉冲光纤激光器经倍频或三倍频后输出，第二类是 KULT 系列 1μm,1.5μm,2μm 波段脉冲激光；第三类是 MIRVISION 系列 1μm,1.5μm 高能量脉冲激光，其参数和典型应用如下



型号	PUFL	PGFL
标准波长 nm	355nm	532 nm
脉冲能量	可达 2μJ	可达 50μJ
脉冲宽度	1ns	1-4 ns
重复频率	50kHz	15-50kHz
平均功率	可达 100mW	可达 1.8 W
峰值功率	可达 2kW	可达 12kW
偏振	线偏振 PER>17dB	线偏振
光束品质 M ²	1.3-1.5	1.1-1.4
输出方式	准直光	自由光
典型应用	荧光激发，拉曼激发，半导体晶圆检测，气溶胶雷达，生医	环境检测，水下通讯，水下测距，3D 扫描，



PYFL-KULT

PEFL-KULT



PTFL-KULT

型号	PYFL-KULT	PEFL-KULT	PTFL-KULT
可选波长范围 nm	1062-1066 nm	1545-1550 nm	1990-2010nm
标准波长 nm	1064 nm	1545,1550 nm	1995nm
脉冲能量	可达 25μJ	可达 100μJ	可达 15μJ
脉冲宽度	1-3 ns	0.5-200 ns	10ns
重复频率	5kHz-1MHz	5kHz-2MHz	5-20 kHz
平均功率	可达 2 W	可达 2.5 W	可达 0.2 W
峰值功率	可达 25kW	可达 15kW	可达 1.5kW
偏振	随机偏振或线偏振	随机偏振或线偏振	随机偏振或线偏振
光束品质 M ²	1.1-1.3	1.1-1.5	1.1
光纤种类	SMF/PANDA/LMA/LMA PANDA	SMF/PANDA/LMA	SMF/PANDA
输出方式	FC/APC 或准直光	FC/APC 或准直光	FC/APC 或准直光
种子光注入口(可选)	1m 尾纤，>0.1mW 峰值功率，SMF，FC/APC		
典型应用	超连续谱发生，谐波发生，激光测距，遥测，3D 扫描，云高测量，测风雷达		



型号	PYFL-MIRVISION	PEFL-MIRVISION
可选波长范围 nm	1062-1066 nm	1544-1546 nm
标准波长 nm	1064 nm	1545 nm
脉冲能量	可达 100μJ	可达 350μJ
脉冲宽度	1-4 ns	0.5-200 ns
重复频率	50kHz-1MHz	15kHz-2MHz
平均功率	可达 10 W	3-10 W
峰值功率	可达 25kW	可达 15kW
偏振	随机偏振或线偏振	随机偏振或线偏振
光束品质 M ²	1.3	NA
光纤种类	LMA/LMA PANDA	NA
输出方式	FC/APC 或准直光	FC/APC 或准直光
种子光注入口 (可选)	1m 尾纤, >0.1mW 峰值功率, SMF, FC/APC	
典型应用	超连续谱发生, 谐波发生, 激光测距, 遥测, 3D 扫描, 激光测障, 海洋测深, 机载测量, 云高测量, 测风雷达	

5. 光纤放大器

Keopsys 公司也提供光纤放大器, 不同型号可涵盖可见光, 1μm, 1.5μm, 2μm 不同波段, 根据不同的输入信号强度, 输出信号强度, 增益大小, 通道数提供精准对应的产品。

(1) CVFA 可见光光纤放大器:



应用领域:

量子光学如玻色-爱因斯坦凝聚态、光镊、原子激光干涉、冷分子形成、计量学

型号	CVFA
可选波长范围 nm	530-560nm; 767-790nm
标准波长 nm	516.6; 778.15; 780.24nm
输入功率要求	>5mW
输出功率	up to 1W
窄线宽选项	<10MHz
输入隔离器	内置
输出隔离器	无需
输出偏振度	20dB 自由光, 17dB 单模光纤
输出监测	内置
光束品质 M ²	1.2
输出方式	FC/APC 或自由光

(2) CYFA -1μm 波段光纤放大器



应用领域:

氮泵浦、传感、光学部件测试、非线性光学、材料表征

型号	CYFA-PB	CYFA-BO
描述	内置预放和辅助放大	辅助放大
可选波长范围 nm	1029-1035;1036-1045;1046-1059;1060-1075; 1076-1090;1110-1114nm; 和客户定制波段	
输入功率要求	0-15dBm; 5-20dBm	20-23dBm;23-25dBm
输出功率		30-42dBm
窄线宽选项		<100kHz
放大功率可调		10%-100%
输出偏振度		SM 任意偏振; PM 线偏振 >17dB
输入形式		FC/APC 或准直光
输出方式		FC/APC 或自由光

(3) 1.5 μ m 波段光纤放大器

C 波段高增益放大：



应用领域：

高灵敏度光学预放大、量子密码学、光学测量、
光学遥感、测试与测量

型号	CEFA-C-HG	
描述	C 波段高增益放大连续波	
波长范围 nm	1529-1562nm	
输入功率范围	-50dBm to 0dBm	
输出功率	15dBm	20dBm
小信号增益	>40dB	>50dB
噪声指数 -40dBm, 1550nm 输入	<4dB SM; <5dB PM	
放大功率可调	10%-100%	
控制方式	ACC APC	
功率稳定度	<1% RMS 1 小时	
输入输出方式	FC/APC SC/APC;FC/UPC; SC/UPC	

C 波段放大小功率输出



应用领域：

测量与测试、LIDAR、微波光学、纳米技术、
光学传输网络、FTTH/CATV

型号	CEFA-C-PB-LP			
描述	C 波段放大小功率输出			
波长范围 nm	1529-1562nm			
输入功率范围	-20dBm to 0dBm			
输出功率	15dBm	18dBm	21dBm	23dBm
噪声指数	-40dBm, 1550nm 输入 <5dB SM; <5.5dB PM			
控制方式	ACC APC			
放大功率可调	10%-100%		30%-100%	
输出偏振度	SM 任意偏振; PM 线偏振 >20dB			
输入输出方式	FC/APC SC/APC;FC/UPC; SC/UPC			

C 波段放大高功率输出

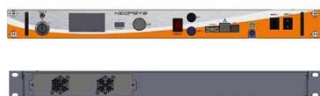


应用领域：

光学部件测试、原子冷却、量子光学、纳米技术、
测试与测量、微波光学、非线性光学、自由空间通讯

型号		CEFA-C-PB-HP						
描述		C 波段放大高功率输出						
波长范围 nm		1540-1565nm				1545-1565nm		
输入功率范围		-20dBm to 0dBm						
输出功率		25dBm	27dBm	30dBm	33dBm	37dBm	40dBm	42dBm
噪声指数	-40dBm, 1550nm 输入	<5dB SM; <5.5dB PM		<5.5dB SM; <6dB PM		<6.5dB SM; <7.5dB PM		
控制方式		ACC APC				ACC, APC(可选)		
放大功率可调		10%-100%						
窄线宽放大		包含				可选		
光口光纤		SMF28 或 PANDA						
输入输出方式		FC/APC SC/APC; FC/UPC; SC/UPC			FC/APC SC/APC;E2PS; C1			

C 波段弱信号双向放大



应用领域：

高速数据传输及通信、双向光学频率比较、光学基准频率传播、基本常数的时间变化、原子钟对比、相对测地学、导航

型号	CSFA-C-BD
描述	弱信号双向放大
波长范围 nm	1540-1565nm
输入功率范围	-50dBm to -10dBm
可选最小输入功率	-60dBm
增益	12 to 21dB
饱和输出功率	Up to 5 dBm
独立放大器数	1 或 2
输出监控	ACC
功率稳定度	<1% RMS 1 小时
输入输出方式	FC/APC

C 波段脉冲放大器



应用领域：

高峰值功率产生、非线性光学、高速传输系统、超连续谱和脉冲压缩；气溶胶监测、风监测、2D/3D 风廓线、天气监测、污染监测、风灾害和风尾迹监测、风电场优化

型号	PEFA-LP-C	PEFA-SP-C
工作模式	长脉冲放大器	短脉冲放大器
脉冲宽度	100-800ns	0.3-10ps
标准工作波长 nm	1543nm	1535-1565nm
可选波长范围 nm	1543;1545,1550 等	NA
输入功率	16uW	-15 to +5dBm
输出功率	可达 2.2W	15-33 dBm
重复频率	10-20kHz	10MHz-100GHz
峰值功率	up to 900W	upto1000W
输出单发能量	可达 220μJ	NA
偏振	线偏振	任意或线偏振
色散	NA	<35fs/nm
输入输出方式	FC/APC 或准直光	FC/APC;SC/APC;FC/SPC 'SC/SPC; E2PS;C1

L 波段高增益放大：



应用领域：

高灵敏度光学预放大、量子密码学、光学测量、光学遥感、测试与测量

型号	CEFA-L-HG
描述	L 波段高增益放大连续波
偏振度	SM 任意偏振；PM 线偏振 PER>20dB
波长范围 nm	1570-1607nm 1571-1603nm
输入功率范围	-40dBm to 0dBm
小信号增益 -40dB 输入	>40dB >50dB
饱和输出 -6dBm 输入	20dBm 23dBm
噪声指数 -40dBm, 1595nm 输入	<4.5dB SM; <5.5dB PM
放大功率可调	30%-100%
控制方式	ACC APC
输入输出方式	FC/APC SC/APC;FC/UPC; SC/UPC

L 波段放大小功率输出

应用领域：

光学传输网络、测试与测量、LIDAR

型号	CEFA-C-PB-LP
描述	L 波段放大小功率输出
可选波长范围 nm	1570-1603nm
输入功率范围	-20dBm to 0dBm
输出功率	10dBm 13dBm 15dBm 18dBm 21dBm 23dBm
噪声指数 (-40dBm, 1595nm 输入)	<5.5dB SM; <6.5dB PM
控制方式	ACC APC
放大功率可调	10%-100% 30%-100%
输出偏振度	SM 任意偏振；PM 线偏振 PER>20dB
输入输出方式	FC/APC SC/APC;FC/UPC; SC/UPC

C 波段多输出端口放大器



应用领域：

宽带 / 视频分配、数字通讯、FTTx/CATV 网络

型号	CEFA-C-MP-SPIDERLITE				
描述	C 波段多输出端口放大器				
波长范围 nm	1545-1565nm				
输入功率范围	-5dBm to+10dBm				
端口数	4	8	16	32	64
每端口饱和输出功率	21dBm		19dBm		16dBm
噪声指数	<5.5dB with Pin=0 dBm@1550nm				
偏振	任意偏振				
输入输出光纤	SMF				
输入输出尾纤	900μm, PVC, 1m				
输入输出端口	SC/APC;LC/APC;E2000/APC			LC/APC	

C 波段多通道 WDM 放大器



应用领域：

区域或都市 DWDM 网络、FTTH/CATV 网络、自由空间通讯、测试与测量

型号		CEFA-C-WDM-LP					
可选波长范围 nm		1529-1562nm(BW00);1527-1566nm(BW01);					
偏振度		SM 任意偏振; PM 线偏振 PER>20dB					
混合饱和输出功率		10dBm	13dBm	15dBm	18dBm	21dBm	23dBm
混合输入功率	BW00	-25 to -13 dBm	-22 to -10 dBm	-20 to -8 dBm	-17 to -5 dBm	-14 to -2 dBm	-12 to 0 dBm
	BW01	-22 to -10 dBm	-19 to -7 dBm	-17 to -5 dBm	-14 to -2 dBm	-11 to +1 dBm	-9 to +3 dBm
公称信号增益		23 dB for BW00 and 20 dB for BW01					
增益纹波		+/- 0.5 dB typ., +/-0.75 dB max					
噪声指数	@23dB	< 5 dB for SM, < 6 dB for PM				< 5.5 dB SM, < 6.5 dB PM	
	@20dB	< 5.5 dB for SM, < 6.5 dB for PM				< 6dB SM, < 7 dB PM	
输入输出监控		有					
控制模式		ACC, APC, AGC					
偏振模色散 (SM)		0.4ps					
偏振相关增益		0.4dB					
输入输出光纤		SMF28 或 PANDA					
输入输出端口		FC/APC SC/APC;FC/UPC; SC/UPC					

1.6.2 工业光纤激光器

IPG Photonics 是世界领先的高性能光纤激光器和放大器产品的开发及制造商, 产品涉及众多应用和市场, 在美国、德国、俄罗斯和意大利均有制造工厂。低功率、中功率以及高功率激光器和放大器产品被广泛应用于材料加工、通信、娱乐、医疗、生物技术、科技和先进应用中。主要推荐产品系列如下:

1) 连续绿光单频光纤激光器 10-100W GLR 系列



GLR 是单模、单频连续绿光激光器系列, 最高功率可达 100W, 基于高效且可靠的光纤激光器技术, 采用超紧凑的轻量级光学头, 风冷式主机。全光纤结构允许全范围输出功率调整, 且不改变功率稳定性和光束模组等参数。

主要特点:

- 0.2 % RMS 光学噪声
- 输出功率: 10-100W 可选
- 光斑质量: $M^2 < 1.1$
- 单频线宽: < 1 MHz
- 1% 功率稳定性
- 工业级设计, 超高稳定性

2) 纳秒绿光光纤激光器 10-100W GLPN 系列



GLPN 532nm 纳秒光纤激光器在 10-1000kHz 范围、提供 10-100W 平均功率和 1-10ns 脉冲, 30-40 μ J 脉冲能量, 峰值功率高, 适用于太阳能、光伏行业加工、透明材料达标和精确调阻等精密加工应用。

3) 可见波段连续光纤激光器 VLM 系列



单模连续, 最大功率 20W 连续可调, 波长 515, 530, 590, 615, 635nm 可选, $M^2 < 1.1$, 1% 功率稳定性, 超紧凑轻量化光学头。

4) 掺镱连续光纤激光器 1070 $\pm$ 10nm YLR 系列



YLM 和 YLR 系列单模连续 (CW) 掺镱光纤激光器独特地兼具高功率、高稳定性、理想光束质量、光纤传输、超长寿命和卓越的电光转换效率。这些激光器可在高达 50 kHz 的频率下进行调制。紧凑型 YLM 模块的功率高达 400 W, 19 英寸机架式 YLR 配备包括高达 700 W 的风冷式装置和高达 4 kW 的水冷式装置。单模激光器的输出功率高达 2 kW, 可通过准直器或 QBH 插入式连接器进行集成。

主要特点:

- 输出功率: 100W-1500W 多功率可选
- 单模 $M^2 < 1.1$
- 功率稳定性: $\pm 0.5\%$
- 模式: 连续 or 调制频率 50kHz

5) 近红外拉曼连续光纤激光器 RLM 系列



RLM 和 RLR 系列是一系列高效的单模连续近红外 Raman 光纤激光器, 提供 1-100 W 输出功率。客户可以在 1100-1800 nm 的范围内选择中心波长, 单模光纤输出。

6) 掺铒连续光纤激光器 ELR 系列



ELM 和 ELR 系列是单模连续掺铒光纤激光器，功率高达 100 W，波长 1532-1570nm，分自由偏振和线偏振。激光器以独一无二的可靠性，在“人眼安全”(1535-1605 nm) 光谱范围内提供衍射极限输出。用户有多个可选项，包括高达 2 kHz 的直接调制、输出光隔、不同封装、泵浦冗余、输出接头等。

7) 掺铥连续光纤激光器 TLR 系列



为满足日益增长的工业、医疗和研发市场需求，实现高功率、紧凑、高效、可选波长、单模连续光源，光谱在 1900-2050 nm。该激光器在 1999 年诞生，经历测试并投入到多项研发和医疗应用领域。目前可提供 10-50 W 风冷或 50-200 W 水冷两款， $M^2 < 1.1$ ，功率稳定性 1%，支持连续和 1kHz 调制频率输出。

8) 中红外混合激光器



CL 系列和 CLT 系列：IPG Photonics 提供 1.9 - 3 μm 范围内单频 Cr:ZnSe/S 连续中红外激光器。这些激光器可提供客户选择的固定波长（CL 系列）或连续可调谐（CLT 系列）。提供快速调谐选项。该激光器输出功率高达 150w（固定）和 100w（可调谐），典型线宽小于 0.5nm，Cr:ZnSe/S 连续波长可调谐激光器广泛应用于光谱、中红外 OPO 泵浦源、环境监测、医疗应用和塑料材料加工等领域。

CL SF 系列：可调谐范围为 1.9 至 2.6 μm ，固定波长可在 1.9 - 3.0 μm 的范围内选择。提供快速调谐选项。激光器具有典型的线宽 <1 MHz 和 TEM_{00} 光束模式质量。SF 系列中红外激光器可提供高达 10 W 的输出功率。这些激光器由 IPG 高效且可靠的掺铒（1.6 微米）或掺铥（1.9 微米）连续光纤激光器泵浦。单频 Cr:ZnSe/S 激光器用于科学和研发应用，如高分辨率光谱、OPO 泵浦和自由空间通信。

1.6.3 高功率光纤激光器

美国 AdValue Photonics 提供范围广泛的全光纤激光器产品：

- 515 nm, 1 μ m, 1.55 μ m, 2 μ m 波长
- 连续以及脉冲输出
- 飞秒, 皮秒, 纳秒脉冲激光
- 平均功率：可达 100W
- 全系列 2 μ m 波长光纤激光器
- 窄线宽、单频、纳秒脉冲光纤激光器
- 光纤激光部件

尤其是 2 μ m 波段, AdValue 提供最广泛的产品, 特别适合玻璃打标与加工、塑料焊接 / 打标、硅材料与石英材料处理等波长敏感型应用。

EVERESTnano® Green Pulsed Laser (AP-515)

- 515 nm 波长
- 平均功率：10-50 W
- 脉宽：5 ns
- 单脉冲能量：100 μ J
- $M^2 < 1.2$



EVERESTnano® 1 μ m Pulsed Fiber Laser (AP-1030)

- 1 μ m 波长
- 平均功率：100 W
- 脉宽：5 ns
- 单脉冲能量：100's μ J
- $M^2 < 1.3$



EVERESTnano® 1.55 μ m Pulsed Fiber Laser (AP-1550)

- 1.55 μ m 波长
- 平均功率：0.5-5 W
- 脉宽：5 ns
- 单脉冲能量：50 μ J
- $M^2 < 1.3$



EVERESTnano® 2 μ m Pulsed Fiber Laser (AP-1950)

- 2 μ m 波长
- 平均功率：5 W
- 脉宽：5 ns
- 单脉冲能量：50 μ J
- $M^2 < 1.3$



1-2 μ m Pulsed Single Frequency, ns (AP-P-SF)

- 1 μ m, 1.55 μ m, 2 μ m 波长 options
- 窄线宽
- 单脉冲能量：up to mJ level
- 脉宽：nanoseconds



2 μ m Q-switched, ns (AP-QS1-MOD, AP-QS1, AP-QS)

- 峰值功率：10's W to 10 kW
- 单脉冲能量：up to mJ level
- 脉宽：20 to 200 ns
- 平均功率：10 W



2 μ m Mode-locked, fs & ps (AP-ML2, AP-ML1, AP-ML)

- 脉宽：350 fs - 3 ps
- 单脉冲能量：nJ - 10 μ J
- 峰值功率：MW level
- 平均功率：3 mW to 3W



2 μ m Single Frequency (AP-SF1, AP-SF)

- 波长 1.9 - 2.1 μ m
- 输出功率：mW - W
- 线宽 10 kHz - 1 MHz



2 μ m CW (AP-CW1-MOD, AP-CW1, AP-CW)

- 波长：1.9 to 2.1 μ m
- 输出功率：r mW's to W's



2 μ m Fiber Amplifier (AP-AMP1, AP-AMP)

- 增益波长：1.9 to 2.1 μ m
- 输出功率：mW's to W's



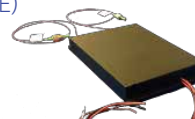
2 μ m Supercontinuum Source (AP-SC-MIR)

- 10 dB bandwidth >500 nm
- 平均功率：100 mW
- Pulse rep. rate 10 kHz nominal



2 μ m ASE Broadband Source (AP-ASE)

- 1.95 μ m: 20-dB bandwidth 170 nm
- 2.07 μ m: 20-dB bandwidth 100 nm



1 μ m High Power Fiber Isolator (AP-aISO)

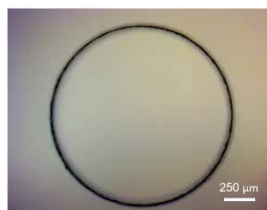
- 全光纤结构, 无自由空间元件
- 正向和反向功率处理 50 W
- 集成后向监视器
- 多通道选项

2 μ m Isolator and Circulator (AP-ISO-2000, AP-CIR-2000)

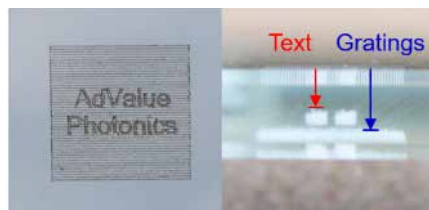
- 偏振不敏感或偏振维持
- 隔离器功率平均 5W 或峰值 10kW
- 循环器平均功率 2W。

2μm 激光器典型应用

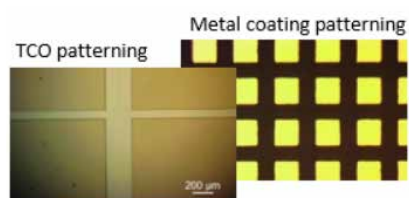
Glass Drilling and Cutting



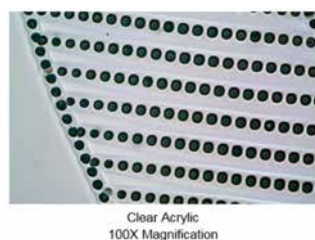
Glass Marking



Thin Film Patterning



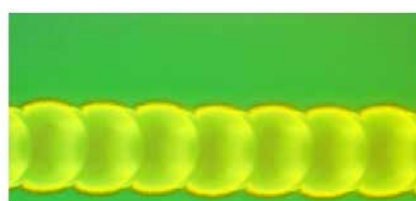
Plastic Marking



Plastic Welding



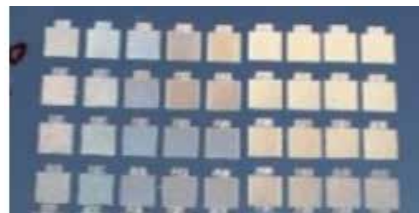
TCO Scribing



Silicon Processing



Stainless Steel Marking



1.6.4 2 微米波段连续掺铥光纤激光器



2 微米波段连续掺铥光纤激光器，采用全光纤结构，在水冷模式下可以提供 10-100W 功率输出，风冷模式下提供 30W 功率输出，激光器可单模和多模输出操作，波长范围涵盖 1.9-2μm。既可作为独立的激光光源，也可方便与不同系统集成，可作为中红外晶体泵浦源，用于产生中红外激光。在激光测距、激光遥感、激光医疗和非金属加工等领域具有广泛的市场需求和重要的应用前景。

性能：

- 多种波长选择

• 结构紧凑

• 高光束质量
- 功率定制 10W~100W

• 宽工作温度范围

• 高电光效率

应用领域：

- 激光医疗

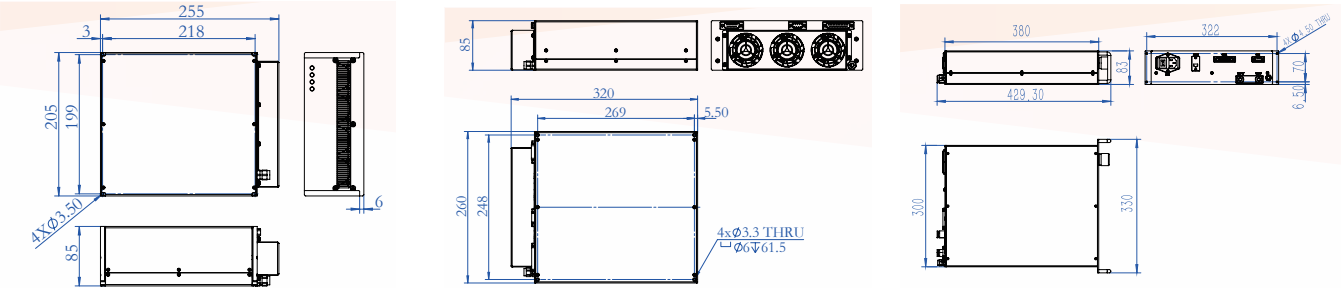
• 非金属材料加工，如塑料焊接、切割、去除
- 中红外泵源

• 激光测距、光谱分析

• 其他科学研究

关键参数	单位			指标		
型号	/	TFM-15	TFM-30	TFM-50	TFM-100	TFL-50/500-QCW
最高平均功率	W	15	30	50	100	50
最高峰值功率	/		/			500
工作模式	/		连续			连续 / 准连续
偏振态	/			w 随机偏振		
中心波长	nm			1900-2050, 典型值 1940		
半高全宽谱宽	nm			<2		
功率调节范围	%			10~100		
功率稳定性 *	%			±1		
信噪比	RMS%			≤ 1		
输出头类型	/			SMA905、QBH、QCS 或客户定义		
光束质量	M2			1.2		≤ 1.5
准直输出光斑直径	mm			3-6		
输入电压	/	24VDC		110~240VAC		
接口信息	/			DB9-RS232、RJ45-10/100M、DB25		
冷却方式	/			风冷		水冷
工作环境温度	℃			+10~+30		
冷却水温	℃		/			+15~+25, 典型值 20
储存温度	℃			-20~+60		

尺寸图



1.7 可调谐激光器

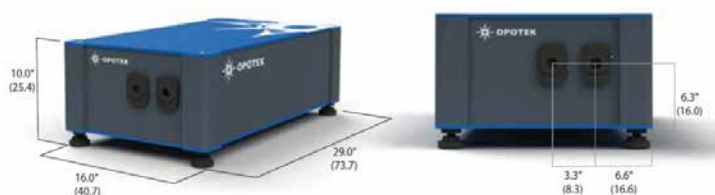
激光器的输出波长一般由增益介质决定。普通气体、固体等激光器原则上输出单个或数个波长。半导体激光器可通过调节温度和电流，实现数个~数十个纳米范围的调谐；如需在一定范围内实现连续可调谐的激光输出，通常采用非线性的 OPO（光学参量振荡器）、OPA（光学参量放大器）进行频率变换，或者采用宽带增益介质如染料、钛宝石等。通常而言，OPO 频率变换适用于大能量纳秒脉冲激光器或低功率超快激光器（近年也有连续输出 OPO 激光器），其输出线宽较宽，优势是全固化、免维护；染料激光器则具备较窄的线宽，但染料需要更新或更换。

1.7.1 纳秒 OPO 激光器

美国 OPOTEK 公司成立于 1993 年，是世界上首家商用 OPO 激光器的供应商。OPOTEK 激光器采用一体式结构，精心设计的机械、光学和电子控制部分确保客户可获得一套稳定可靠、使用方便的可调谐激光光源。领先的 OPO 转换效率，使得较低功率的泵浦激光器即可获得高效 OPO 输出，同时降低了晶体、泵浦源的损伤风险。

OPOTEK 公司持有伞形 OPO、环形 OPO 的专利。其 Radiant 系列和 Opolette 系列采用 II 类相匹配，具备较小的发散角和相对较窄的线宽，波长可覆盖紫外~中红外；而 Phocus 系列则针对光声应用，采用 I 类相匹配，提供较高的近红外转换效率。

1) 高能一体化 OPO 激光器——Radiant 系列



专业应用

- PIV
- 生物激光超声成像；
- 非线性材料、发光材料的荧光激光光谱
- 激光质谱仪
- 生物化学类的荧光成像
- 光电器件的瞬态光电探测

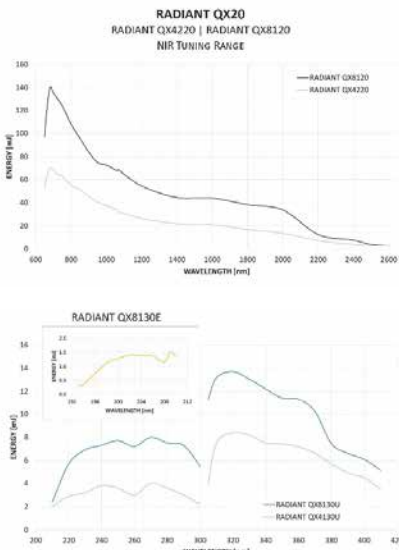
优势特点

- 泵浦源和 OPO 模组一体化集成，高稳定输出，信号光和闲置光切换不需要额外调节光路；
- 1064nm、532nm、355nm 泵浦波长可选，超宽的波段覆盖范围 UV、VIS、IR；
- 信号光、闲置光通过偏振方式分光，同一个输出口输出，全波长扫描不需要改变光路；
- 全自动软件控制波长调节、能量调节和频率调节，操作方便；
- 可选内置光谱仪，自动对准波长。

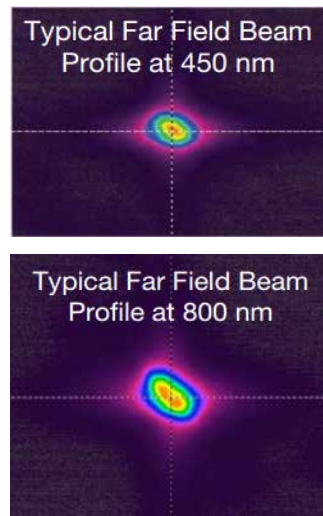
性能指标

系列名称	RADIANT QX10		RADIANT QX20		RADIANT QX30	
型号参数	RADIANT QX4110A	RADIANT QX4110P	RADIANT QX4220	RADIANT QX8120	RADIANT QX4130	RADIANT QX8130
泵浦源波长 nm	1064	1064	532	532	355	355
可输出波长 nm	3000-3450	2700-3100	650-2600	650-2600	210-2500	193-2500 (含 UV 配件)
输出频率 Hz	10	10	20	10	10	10
峰值输出能量 mJ	12	18	60	120	40	70
光斑大小 mm	7	7	7	9	7	9
脉冲宽度 ns	6	6	6	6	6	6
发散角 mrad	< 5 (<10)	< 5 (<10)	< 2	< 2	<1.5	<1.5
光谱线宽 cm^{-1}	4 - 7	4 - 7	10-15	10-15	4 - 7	4 - 7

输出曲线



输出光斑



2) 紧凑型 OPO 激光器——Opolette 系列



优势特点

- 泵浦源和 OPO 模组一体化密封设计，可靠性高，世界上最小的可调谐激光器系统
- 信号光和闲置光同一出口输出，波长切换不需要加额外调节光路
- 1064nm、532nm、355nm 泵浦波长可选，通过 UV 附件得到 210-410nm
- 信号光、闲置光通过偏振方式分光，同一个输出口输出，全波长扫描不需要改变光路
- 全自动软件控制波长调节、能量调节和频率调节，操作方便
- 体积紧凑

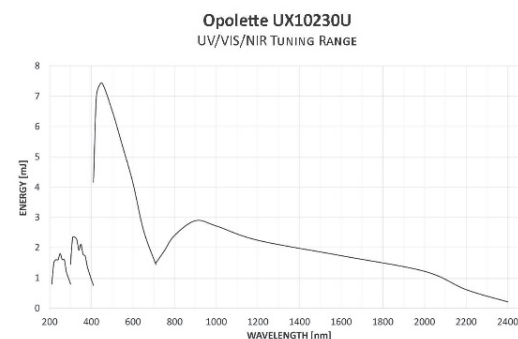
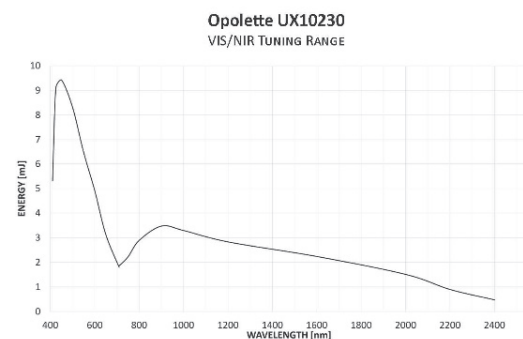
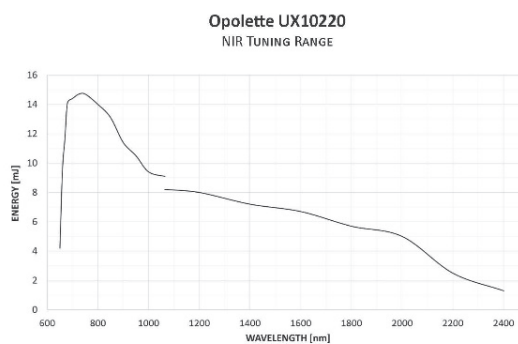
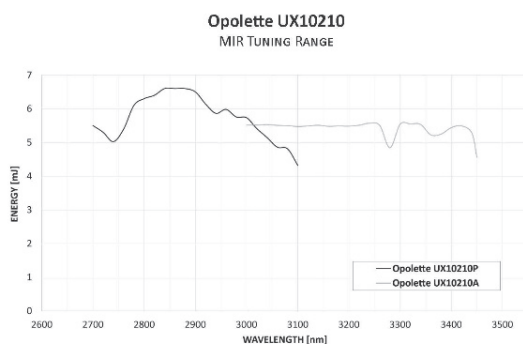
专业应用

- PIV
- 生物激光超声成像
- 非线性材料、发光材料的荧光激光光谱
- 激光质谱仪
- 生物化学类的荧光成像
- 光电器件的瞬态光电探测

性能指标

型号参数	Opolette UX10230	Opolette UX10220	Opolette UX10210	IR Opolette 2940
泵浦源波长 nm	355	532	1064	1064
OPO 输出波长 nm	410-2400 UV 配置: 210-2400	650-2400	2700-3100 nm @A 3000-3450 nm @P	2940
输出频率 Hz	20	20	20	20
峰值输出能量 mJ	9.5 (7.5)	15	5.5mJ @A 6.6mJ @P	6
光斑大小 mm	4	4	4	4
脉冲宽度 ns	6	6	6	6
发散角 mrad	< 1.5	<2	<10 x 5	<10 x 5
光谱线宽 cm ⁻¹	4 - 7	10-15	4 - 7	4

输出曲线



NOTE: All tuning curves represent nominal values.

3) 高能量光声成像 OPO 激光器 -Phocus Mobile



型号	Phocus SE Moblie	Phocus Moblie HE
泵浦源波长	532 nm	
OPO 输出波长	690-950 nm	
可选闲置光	1200-2600 nm	
输出频率 Hz	20 Hz	10 Hz
OPO 峰值输出能量 mJ	60 mJ	150 mJ
发散角 mrad	<0.5 mrad	

PhocusMobile 为专门为光声光谱设计的 OPO 激光器。采用环形腔、I 类位相匹配，具备较高的近红外转换效率，满足生物组织光声成像的需求。PhocusMobile 为一体式可移动高能量光声光源，具备安全自锁、光纤输出等功能，可满足实验室使用或系统集成以及临床需求。

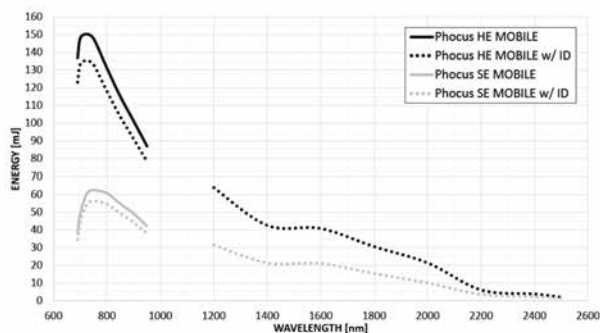
优势特点：

- 采用专利环形 OPO 振荡腔体设计，提高了 OPO 的损伤阈值和泵浦效率，
- 使用寿命长，最高能量输出可达 150mJ（光纤输出 120mJ）
- 近红外波段输出能量高，生物组织穿透力强，专业适用于激光光声成像等应用
- 泵浦源和 OPO 模块一体化设计，结构紧凑，维护和集成非常方便
- 全自动软件控制波长调节、能量调节和频率调节，操作方便，支持软件二次开发
- 可根据客户需求提供各种配置：光纤输出、能量自动衰减模块、泵浦光
- 单独输出、空闲光输出（1200-2400nm）等，灵活和适用性高

4) Magic Prism OPO 模组 - 适合于 OEM



如果用户已有纳秒 Nd:YAG 激光器考虑升级 OPO 可调谐激光输出功能，Magic Prism OPO 模组安装于调校简便，控制盒包含 USB 接口与 SDK 软件方便 OEM 用户集成系统。MagicPRISM 对于泵浦激光器的要求以及 OPO 输出参数如下：



系列名称	MagivPRISM VIS		MagivPRISM NIR	
型号	MP30	MP30 ID	MP20	MP20 ID
泵浦源波长 nm	355 nm		532 nm	
泵浦源能量 mJ	90-110 mJ		130-220 mJ	
泵浦光斑需要	5-6 mm 直径，平顶光斑且无热点			
泵浦光其他需要	5-10 ns 脉宽，发散角 <1 mrad, 线偏振			
OPO 可调范围 nm	410-680	410-680/ 720-1200	690-950	690-950/ 1200-1700
OPO 峰值能量 mJ	upto 45 mJ		upto 90 mJ	
发散角 mrad	10-15		10-15	
OPO 线宽 cm ¹	5-80		30-100	

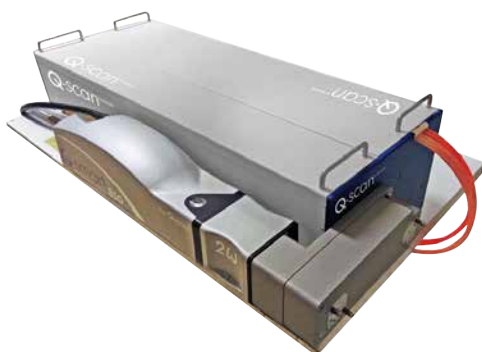
1.7.2 染料激光器

染料激光器采用染料溶液作为增益介质。染料介质具备数十纳米宽的增益带宽，故通过调节腔在不同波长的损耗可以获得可调谐输出。通常染料激光器的振荡器包括一个可转动光栅，以实现波长调谐并达到窄线宽输出；染料溶液则通过循环泵在腔内的石英染料池内循环；泵浦源通常采用 532/355nm 的调 Q 纳秒脉冲激光器。

常用染料可提供 420 ~ 950nm 的可调谐范围。通过倍频、四倍频、和频方式可获得 200nm ~ 420nm 连续可调谐的输出；通过差频可扩展至 4500nm 红外输出。

同样为可调谐输出，染料激光器的输出线宽约为 OPO 的 1%，故较为适合特殊波长的窄线宽激发应用，典型应用如燃烧场内的基团激发。

1) QScan 染料激光器



典型指标：

项目	参数	说明
脉宽	4-5ns	采用 QSmart 泵浦 采用 YG 系列泵浦
8-10ns	8-10ns	
采用 QSmart 系列泵浦	采用 QSmart 系列泵浦	
发散角	0.5 mrad	
光束直径	≤ 6mm	
指向稳定性	≤ 50μrad	
绝对调谐准确度	<0.01nm	
波长可重复性	<0.005nm	
扫描线性度	<0.002nm	
波长稳定性	0.001nm/°C	
ASE	<0.5%	
线宽	<0.06cm ⁻¹	

法国 Quantel 公司是世界上著名的染料激光器供应商之一，Q-scan 可调谐染料激光器采用 Quantel 生产的 YG981 或 Q-Smart 系列二倍频、四倍频 YAG 激光器作为泵浦源，采取一体化及模块化设计，在保证高稳定性的同时还可满足不同用户的个性化需求。

优势特点

- 极高的波长精度和重复性
- 波长调节范围 200-4500nm
- 快速更换染料，即插即用染料池
- 高转换效率、高光束质量
- 便利扫描及切换的非线性模块
- 与 Quantel 系列 Nd:YAG 激光器无缝集成

专业应用

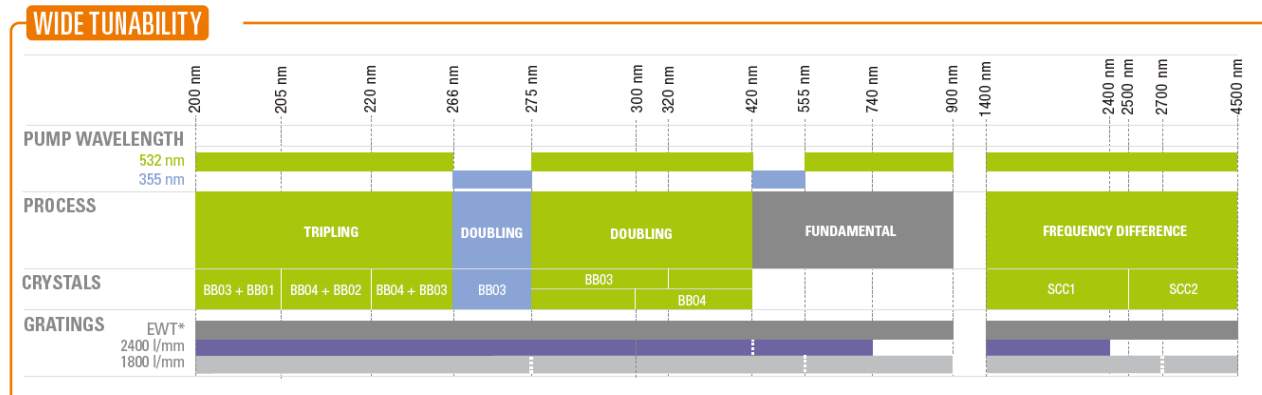
- 高分辨光谱
- 燃烧场诊断
- LIF
- CARS
- 激光雷达
- LIBS
- 光解

典型输出能量：

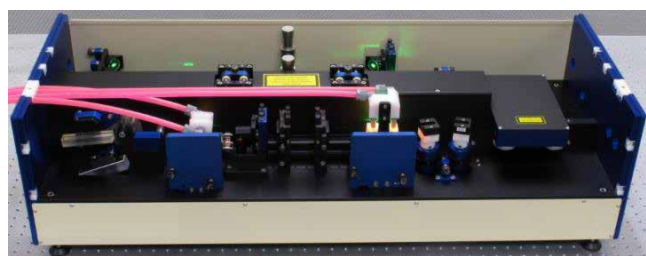
OUTPUT WAVELENGTH	OUTPUT ENERGY (mJ) WITH			PROCESS	TYPE OF DYE
	Q-smart 850 10 Hz	Q-smart 1500 10 Hz	Merion MW-9 100 Hz		
205 nm	4.5	10	3.5	Frequency tripling of 615 nm	Rh 640 + Rh 610
226 nm	5	9	4	Frequency tripling of 678 nm	DCM + LDS 698
230 nm	3.5	7	2.5	Frequency tripling of 690 nm	LDS 698
270 nm	4	9	3	Frequency tripling of 540 nm	Coumarin 540A
282 nm	25	50	19	Frequency doubling of 564 nm	Rh 590
361 nm	17	32	13	Frequency doubling of 722 nm	LDS 722
390 nm	11	22	8.5	Frequency doubling of 780 nm	LDS 798
540 nm	30	60	20	Fundamental dye @ 540 nm	Coumarin 540A
565 nm	110	210	85	Fundamental dye @ 565 nm	Rh 590
627 nm	110	210	85	Fundamental dye @ 627 nm	DCM

Energies with standard linewidth and built-in beam deviation compensator

调谐范围：



2) 高重复频率染料激光器



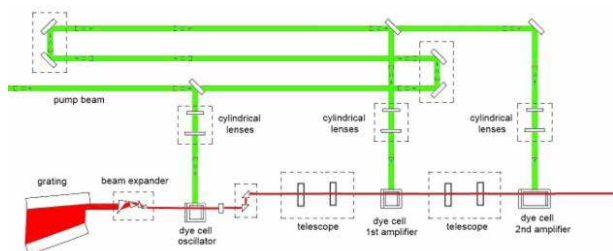
频率变换：

- 内部开环倍频器，配速查表
- 自动跟踪 FCU 可用
- 扫描速度最高达 10 nm/min
- 重复频率适应范围宽，从 < 1 Hz up 到 100 kHz
- 倍频晶体稳定温控

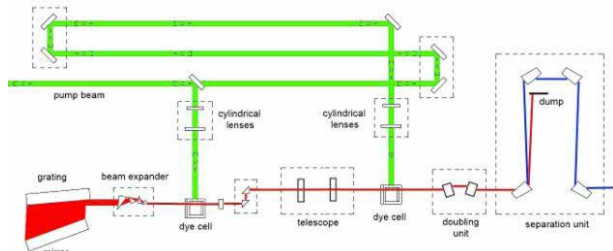
可选项：

- 四级放大单元针对高功率激光
- 温度及流量监控
- 双光栅结构可选，获得更窄线宽

光路原理图



四级放大选项光路图：



波长扩展单元



波长扩展选配指南：

输出波段	参与激光	产生方式
210nm - 440nm	染料基频	倍频
197nm - 220nm	染料基频	四倍频
1.4μm - 5.0μm	染料基频 - 1064nm 泵浦光	差频
215nm - 245nm	染料基频 + 355nm 泵浦光	和频
360nm - 440nm	染料基频 + 1064nm 泵浦光	和频
192nm - 200nm and 221nm - 250nm	染料倍频 + 1064nm 泵浦光	和频

在新一代内燃机、航空及航天发动机等应用中，流场速度非常快，传统的 10Hz 重复频率染料激光器已经很难满足要求。对流场 / 燃烧场的高速诊断需要高重复频率染料激光器。

特点

- 超低 ASE < 0.05%
- 重复频率可高达 100 kHz
- 高效率激光谐振腔
- 振荡器及放大器都采用不锈钢的外壳，稳定，可靠
- 最新的集成电子学系统和界面友好的 LabView 系统软件
- 晶体温控稳定
- USB 接口，TCP/IP 远程控制
- 系统紧凑，空间占用小

技术参数：

线宽	
光栅	调节范围
1800 l/mm, 90 mm	430 nm-900 nm
2400 l/mm, 90 mm	430 nm-750 nm
线宽	
< 0.08 cm ⁻¹ @ 565 nm	
< 0.06 cm ⁻¹ @ 565 nm	
输出指标	
转换效率：	10 W, 25% @ 564 nm
Nd:YAG pumped 532 nm, 10 kHz, 10ns, 40W	Rhodamine 6G
Nd:YAG pumped 532 nm, 10 kHz, 10ns, 15W	6.8 W, 17% @ 640 nm DCM
转换效率：	2 W, 13% @ 440 nm
Nd:YAG pumped 532 nm, 10 kHz, 10ns, 90W	Coumarin 120
Nd:YAG pumped 355 nm, 10 kHz, 10ns, 30W	20 W, 22% @ 564 nm
SHG 转换效率	Rhodamine 6G
转换效率：	13.5 W, 15% @ 640 nm DCM
Nd:YAG pumped 532 nm, 1 kHz, 150ns, 90W	3.3 W, 11% @ 440 nm
SHG 转换效率	Coumarin 120
转换效率：	>10%
Nd:YAG pumped 532 nm, 1 kHz, 150ns, 90W	20 W, 22% @ 564 nm
SHG 转换效率	Rhodamine 6G
转换效率：	500 mW, 2.5% @ 282 nm
SHG 转换效率	SHG
波长重复性	< 0.005 nm
绝对精度	< 0.01 nm
扫描线性	< 0.002 nm
波长稳定性	< 0.001 nm/°C
发散角	0.5 mrad
偏振	> 98 % 竖直
ASE- 背景	< 0.5 %
尺寸	
1040 mm x 400 mm x 300 mm ± 10 mm, 80 kg	
光束输入高度	180 mm ± 10 mm
光束输出高度	200 mm ± 10 mm
工作要求	
冷却染料容积	800 Watt, 谐振器和放大器系统
实验室	无尘室
电压	110...230V, 单相, 50 Hz/ 60 Hz
电脑	一个 USB 接口
操作系统	Windows XP/ Windows Vista/ Windows 7
泵浦激光脉冲功率, kHz 运行	最高到 150 W

1.8 单频超窄线宽激光器

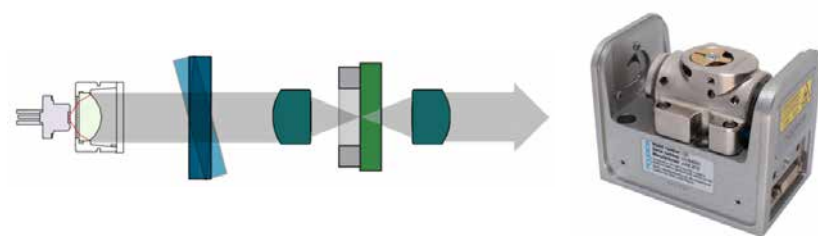
超窄线宽激光器通过限制谐振腔损耗带宽确保单纵模输出，通常还需腔长稳定及锁定技术来实现激光波长的稳定，避免因波长起伏导致的谱线展宽。100kHz 量级线宽的激光器（经过进一步锁定可达 Hz 量级线宽和稳定性）广泛用于需要超长相干长度或超精细光谱激发的场合，如原子冷却、冷原子钟、超精密测量、超精细吸收光谱等应用中。

此类产品包括外腔式半导体激光器（ECDL）以及腔长锁定的可调谐钛宝石、染料激光器。前者提供 355nm ~ 1620nm 内多个波段范围，通常每台激光器可初调数十纳米，而精细的免跳模调谐范围约 10 ~ 20GHz；后者提供更宽范围的初调，可获得一些半导体激光器难以实现的波长输出。

1.8.1 可调谐超窄线宽半导体激光器

位于澳大利亚的 Moglabs 公司源自墨尔本大学原子光学实验组。结合多年冷原子领域研究经验，为原子冷却、精密测量、超精细光谱等领域的用户提供量身打造的超窄线宽可调谐外腔式半导体激光器、用于激光锁定的电子设备及微波电子设备、波长测试仪、光学附件等。

1) 猫眼结构外腔式半导体激光器 CEL 系列



“猫眼”（Cateye）结构 ECDL 为 Moglabs 独特产品。与常规采用光栅作为选频元件的 Littrow 结构不同，猫眼结构采用滤光片作为选频元件，猫眼反射镜实现自准直，调谐元件的装载机构具备更好的稳定性。猫眼结构适合 450~530nm、630~1620nm 输出。

特性

- Cateye + 滤光片设计
- 振动惰性，被动稳定结构
- 精密波长调节，调谐范围达数十纳米
- 450 ~ 530nm、630 ~ 1620nm 可选
- 高带宽直接调制
- 微波射频调制
- 窄线宽，可低至 20kHz
- 高速压电陶瓷反馈控制，高反馈带宽
- 自准直
- 二极管保护电路及继电器
- 极低频率噪声
- 可使用 MOGLabs ECDL 控制器或用户自备驱动器

应用

- 激光冷却与陷阱
- 玻色 - 爱因斯坦凝聚
- 陷阱离子量子计算
- 量子光学：压缩光场
- 场致透明与满光速
- 时间频率基准
- 精密测量
- 精密激光光谱
- 物理教学研究

主要技术指标

波长与频率	
波长范围	450 ~ 530nm, 630 ~ 1620nm 可达 250mW 输出，取决于 LD
线宽	<100kHz（典型），取决于配置
调制	20MHz 带宽；AC/DC 耦合，<20ns 延时，可选 RF 偏置四通，>2.5GHz 带宽
初调范围	取决于 LD，例如：776 ~ 802nm, 850 ~ 895nm（单管）
光学	
光束直径 (1/e ²)	典型：0.6mm×0.3mm，取决于 LD
偏振	典型：100:1 垂直线偏振
热控制	
TEC	标准：±14.5V 3.3A, Q=23W
温度传感器	标准：NTC 10 kΩ；可选：AD590, 592
底板温度稳定性	±1mK（取决于控制器）
散热	可选循环水散热（通常无需水冷）
扫频	
扫描范围	典型 20GHz（采用 MOGLabs 控制器），取决于 LD
无跳模自由扫描	20GHz（典型），取决于 LD，通过电流调节
压电陶瓷	用户可更换的模块

电子学	
保护指示器	继电器、盖板自锁连接、LD 反偏保护 激光 On/Off LED 指示
调制输入	SMA DC ~ 20MHz 或 AC 10kHz ~ 20MHz，隔离地 可选：RF 偏置四通 >2.5GHz 带宽 16MHz ~ 2.5GHz（可选更低截至）
接口	MOGLabs DLC 二极管激光控制器，单线缆
通用	
尺寸	紧凑型：108mm×70mm×86.7mm（L×W×H），0.5kg 加长型：240×95×93mm（L×W×H），1.3kg

2) 利特罗结构外腔式半导体激光器 LDL 系列



针对 <450nm 的波段，目前无法找到合适的滤光片实现“猫眼”结构。Moglabs 通过优化的 Littrow 结构实现更好的稳定性，纯接触无弹簧的“DESMO”调节机构确保了振动免疫；光栅的两个调节方向实现解耦，确保在 LD 增益范围内扫频时，无需腔准直调节。

应用

- 激光冷却与陷俘
- 场致透明与满光速
- 精密激光光谱
- 玻色 - 爱因斯坦凝聚
- 时间频率基准
- 物理教学研究
- 量子光学：压缩光场
- 精密测量

特性

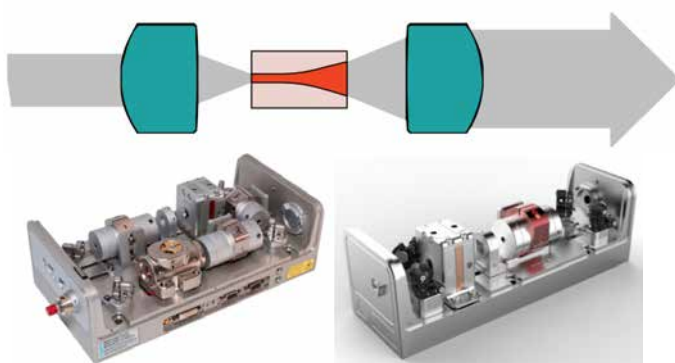
- 振动惰性，被动稳定结构
- 宽调谐范围达数十纳米
- 368 - 1620nm 可选
- 可适用宽带镀膜 LD 芯片或低成本，用户可自行更换芯片
- 光栅倾斜与旋转无耦合调节
- 无跳模宽范围扫描，可达 40GHz
- 窄线宽
- 高速压电陶瓷反馈控制
- 精密准直控制
- 高带宽低延时调制
- 二极管保护电路及继电器
- 低频率噪声
- 可使用 MOGLabs ECDL 控制器或用户自备驱动器

主要技术参数

波长与频率	
波长范围	368-1620nm, , 可达 250mW 输出, 取决于 LD
线宽	<200kHz (典型), 取决于 LD
调制	20MHz 带宽; AC/ DC 耦合, 20ns 延时, 可选 RF 偏置四通, >2.5GHz 带宽
初调范围	单管可达 50nm
光学	
光束直径 (1/e ²)	典型 :1mmx2mm~1.5mmx4mm, 取决于 LD
偏振	典型 :100:1 线偏振
热控制	
TEC	标准 :±14.5V 3.3A, Q=23W
温度传感器	标准 :NTC 10 k Ω ; 可选 :AD590, 592
底板温度稳定性	±1mK (取决于控制器)
散热	可选循环水散热 (通常无需水冷)
扫频	
扫描范围	可达 50GHz (采用 MOGLabs 控制器), 4Hz - 70Hz 速率
无跳模自由扫描	10GHz ~ 40GHz, 取决于 LD, 通过电流调节
压电陶瓷	0 ~ 120V 或 0 ~ 150V, 2 ~ 5 μ m
腔长	约 1 ~ 3 cm (5 ~ 15GHz 自由光谱范围)

电子学	
保护指示器	继电器、盖板自锁连接、LD 反偏保护 激光 On/Off LED 指示
调制输入	20MHz 带宽, AC/DC 耦合, 20ns 延迟 RF 偏置四通 >2.5GHz 带宽 16MHz ~ 2.5GHz (可选更低截止)
接口	MOGLabs DLC 二极管激光控制器, 单线缆通用
尺寸	105mm×90mm×90mm (L×W×H), 1kg
选项	
法拉第隔离器; 光纤耦合; 可选调制截止频率;	

3) 锥形放大器 MSA/MOA 系列



上:TA 放大器示意图; 下左:MSA 系列; 下右:MOA 系列

锥形放大器采用一种特殊的半导体激光芯片 (Tapered Amplifier Chip, TA Chip) 对输入种子激光进行放大, 最大程度的保留种子激光的光谱与空间模式特征, 同时提供更高的光功率输出。Moglabs 提供集成种子光源的 MSA 系列以及外置种子光源的 MOA 系列, 覆盖 650 ~ 1064nm 波长, 具备非常低的频漂和被动展宽。

特性

- 波长范围: 650 ~ 1064nm
- 最高功率可达 4W
- 高稳定性线切割挠性装载机构, 简便优化调节
- 用户可更换放大芯片
- 像散矫正透镜

选项

- 多级光隔离器
- 单模光纤耦合输出
- 双光束输出 (自由光或光纤)
- 增强 ASE 抑制
- 集成光束整形, 降低椭圆度

技术参数

波长与频率	
波长范围	630 ~ 1064nm
增益带宽	10nm ~ 30nm, 取决于所选波长
功率	可选 250mW, 500mW, 1W, 2W, 3W, 4W, 取决于波长
增益	可达 23dB (200×)
种子注入功率	10mW ~ 30mW, 取决于放大芯片
ASE 抑制	>45dB
光学	
光束直径 (1/e ²)	典型: 1.8mm × 3.0mm, 取决于波长
光束质量	M ² : 1.1 ~ 1.7
发散角	<1.5 mrad (630 ~ 670nm: <2.5 mrad)
偏振	100:1 线偏振

应用

- 激光冷却与陷阱
- 玻色 - 爱因斯坦凝聚
- 陷阱离子量子计算
- 量子光学: 压缩光场
- 场致透明与满光速
- 时间频率基准
- 精密测量
- 精密激光光谱
- 物理教学研究

4) 注入锁定放大器 ILA 系列



对于部分波段 (主要是短波端), 目前没有合适的 TA 芯片可供选择; 可采用注入锁定放大器来实现较高功率输出。注入锁定激光器包括一个种子激光和一个腔式放大器, 要求放大腔和种子腔相互锁定。MOGLabs ILA 系列注入锁定放大器采用了自行开发的自动跟踪技术, 避免了温度、准直或电流的微小变化导致的失锁。目前已经投入实验的 ILA 激光器包括:

- 370nm/ 100mW (Yb+)
- 399nm/ 400mW (Yb)
- 461nm/ 1000mW (Sr)
- 509nm/ 200mW (Cs Rydberg)
- 657nm/ 300mW (Ca clock)
- 689nm/ 110mW (Sr clock)
- 689nm/ 110mW (Sr MOT)

ILA 为短波长原子冷却提供了紧凑、低成本方案, 替代造价高昂、体积巨大的二倍频固体激光器; 同时, ILA 输出光束质量优于 TA 放大器。

特性

- 波长范围: 370 ~ 1064nm
- 最高功率可达 1W, 取决于所需波长
- 高稳定性线切割挠性装载机构, 简便优化调节
- 用户可更换放大芯片
- 像散矫正透镜

选项

- 多级光隔离器
- 单模光纤耦合输出
- 双光束输出 (自由光或光纤)
- 集成光束整形, 降低椭圆度

应用

- 激光冷却与陷阱
- 玻色 - 爱因斯坦凝聚
- 陷阱离子量子计算
- 量子光学: 压缩光场
- 场致透明与满光速
- 时间频率基准
- 精密测量
- 精密激光光谱
- 物理教学研究

5) 半导体激光驱动器及锁定伺服器



MOGLabs DLC、LDD 分别为配合 ECDL 振荡器、放大器的电源及控制器。除为 LD 提供低噪声恒流源、温控及 TEC 驱动器以外，集成超窄线宽激光器所需的完整驱动功能，例如光电探测器、LD 电流调制、频率扫描、压电陶瓷微动台驱动等，满足 ECDL 锁定、调谐所需的所有功能。

DLC 激光驱动器

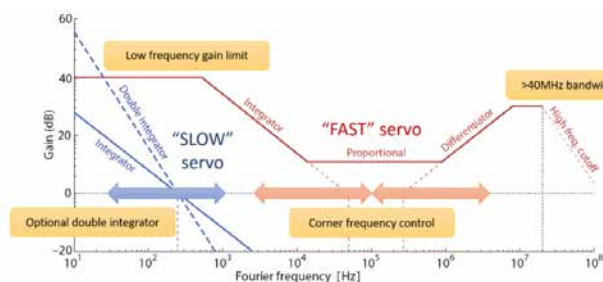
- 用于 CEL、LDL、ILA 激光器
- $<100\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ 噪声，最大电流 250mA
- 含 TEC 驱动温控， $\pm 5\text{mK}/^\circ\text{C}$
- 两路高压压电陶瓷驱动器
- 低噪声差分光电管，700kHz 带宽
- 内置解调器
- 内置 AC 调制源（250kHz/50mA，用于赛曼线圈等）
- 内置扫频发生器
- 电流调制器

LDD 放大器电源

- 适用于 MOA/MSA 放大器
- 8A/5V 低噪声电源
- 60W TEC 驱动温控器， $\pm 5\text{mK}/^\circ\text{C}$
- 数字 PID 温度伺服
- 150V 压电驱动
- 40kHz 带宽 /150mA 深度电流调制
- 光电管输入接口



FSC 是一台快速伺服 PID 驱动器，用于激光器与高稳定基准（如超精细腔）等锁定。FSC 即可提供最高 35MHz 的高速调制信号用于直接注入激光器的电流调制，也可提供压电调制信号供压电驱动器时使用。全模拟设计保证 40ns 的低传输延时。



FSC 快速伺服器

- 高带宽 PID/PI²D 控制
- 全模拟信号处理，40ns 低传输延时
- 直观控制
- 两路示波器轨迹选择器开关
- 自动锁定示波器轨迹中心
- 两路反馈回路
- 高带宽外部调制
- 内置斜升发生器
- 两路低噪声光电探测器供电

应用

- 激光稳频
- 线宽压缩
- 光学腔锁定
- 拍频偏移锁定

FSC 技术参数

通用	
带宽（快速输出）	$>35\text{MHz}$ (-3dB)
传输延时	$<40\text{ns}$
外调制	$0 \sim 35\text{MHz}$ (-3dB)
扫频模式	内置或外接
内置扫频速率	$1 \sim 50\text{Hz}$ 可调
监控输出	两路可选监控， $\pm 5\text{V}$
输入	
A, B 输入	SMA, $1\text{M}\Omega$, $\pm 2.5\text{V}$
外接扫频	SMA, $1\text{M}\Omega$, $0 \sim 2.5\text{V}$, 10kHz 带宽
外部增益控制	SMA, $1\text{M}\Omega$, $\pm 1\text{V}$
外部快速调制	SMA, $1\text{M}\Omega$, $\pm 1\text{V}$
输入噪声	$<5.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
误差偏置	$\pm 450\text{mV}$
TTL 锁定输入	3.3mm 立体声插孔，低电平生效

伺服控制	
伺服类型	独立可配置快速及慢速伺服，可嵌套
控制行为	慢：I 或 I ² ；快：PID
慢速积分器	关， $25\text{Hz} \sim 1\text{kHz}$
快速增益	$-14\text{dB} \sim 46\text{dB}$
快速积分器	关， $10\text{kHz} \sim 2\text{MHz}$
快速差分器	关， $100\text{kHz} \sim 10\text{MHz}$
快速差分器增益限	$0 \sim 24\text{dB}$
可调低通滤波器	关， $25\text{kHz} \sim 200\text{kHz}$
快速增益限	关， $0 \sim 60\text{dB}$
慢速输出	SMA, $0 \sim 5\text{V}$, 50Ω 阻抗
快速输出	SMA, $\pm 2.5\text{V}$, 50Ω 阻抗

6) 射频电子学设备

激光与原子分子相互作用中，射频（微波）被广泛的使用于超精细能级激发、激光移频、激光锁定、AOM 驱动等。这类实验除对微波位相噪声和振幅噪声有极高要求外，还要求微波有程控或触发控制通断、程控或外加信号控制调制以及 PID 反馈控制等功能。MOGLabs 为科学家提供量身定做的敏捷型射频合成器 ARF/XRF、四通道射频合成器 QRF，集成上述功能于一体，并集成功率输出可直接驱动 AOM，满足多方面的射频源需求。

射频源主要系列选型表

型号	ARF/XRF	QRF
通道数目	2	4
最高输出功率	+36dBm(421);+16dBm(021)	+36dBm(421);+10dBm(041)
射频源	DDS (AD9910)	DDS (AD9959)
频率范围	20-400MHz	10-200MHz
内置参考源	20MHz TCXO	25MHz TCXO
计算机可控制	Ethernet, USB	Ethernet, USB
频率控制	32-bit (0.23Hz 步距)	32-bit (0.12Hz 步距)
振幅控制	12-bit	10-bit
位相控制	16-bit	14-bit
TTL 开关时间	<40ns	<40ns
主调制	AM/FM/PM, 10MHz	AM/FM/PM, 100kHz
次调制	AM/FM/PM, 1MHz	N/A
内置 PID	Yes	Yes
表格指令间距	16ns (XRF) 1s (ARF)	10 μ s
数字 I/O	16 路高速 I/O	无

敏捷型射频合成器 ARF/XRF



选件

- 16 路数字输入输出 (XSMA)
- 用于噪声抑制及锁频的信号调整 (B3121)

特性

- 两路独立或同步输出
- 卓越的模拟调制 (AM/FM/PM) 带宽 :10MHz
- 用于强度稳定或频率锁定的 PID 控制
- 高功率输出 :2×4W/ 通道 (421 型)
- 宽频谱范围 :20 ~ 400MHz
- 自动执行表格指令，用于复杂序列
- 16 路独立数字信号输出，表格控制
- 射频输出功率监控及保护
- 可靠的开路 / 短路保护
- 数字信号输入控制快速 (50ns) 射频开 / 关，以及触发
- 极低位相噪声
- 外置时钟输入
- 四路模拟输出

应用

- AOM 驱动
- 噪声抑制及激光频率锁定
- 金刚石 NV 量子操控
- 激光冷却，原子陷阱，光谱
- BEC
- 量子光学：压缩场
- 场致透明与慢光速
- 时频基准

四通道射频合成器 QRF



特性

- 高功率：通过选件可达 2W/ 通道
- 10 ~ 200MHz 宽范围精密调节
- 每通道独立模拟调制 (AM/FM/PM/PID)
- 表格指令运行模式：顺序产生复杂频率 / 功率 / 位相 / 波形
- PID 控制，用于强度稳定及漂移补偿
- 通过网口和 USB 的简便控制
- TTL 快速通断控制，40ns 延时
- 牢固的开路 / 短路保护

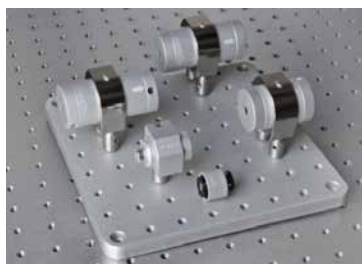
应用

- AOM 驱动
- 噪声抑制及激光频率锁定
- 金刚石 NV 量子操控
- 激光冷却，原子陷阱，光谱
- BEC
- 量子光学：压缩场
- 场致透明与慢光速
- 时频基准

光学附件

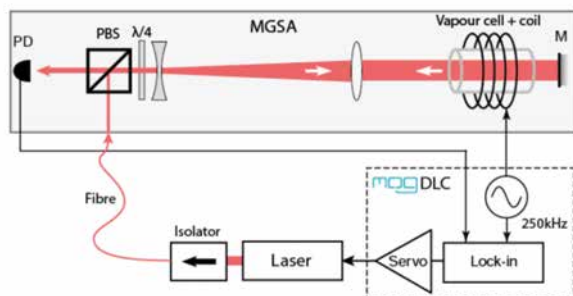
MOGLabs 为冷原子实验提供大量必备附件。

光隔离器



	MFS 单级隔离器	MFD 双级隔离器
波长	395-425nm; 415-435nm; 450-470nm; 630-670nm; 670-710nm; 710-750nm; 750-810nm; 810-860nm; 860-910nm; 905-985nm; 1100-1200nm; 1200-1300nm; 1300-1400nm;	640-680nm; 680-720nm; 720-760nm; 760-810nm; 800-870nm; 860-930nm; 930-1000nm; 990-1050nm; 1050-1100nm
隔离度	>38dB; 典型 > 43dB	>60dB; 典型 >67dB
最高功率	40W (4kW/cm ²)	
口径	4.7mm 内保证性能	
透过率	>85%; 典型 >92%	>80%; 典型 >90%

气体吸收频率参考 MGSA



激光与原子吸收线锁定示意图

低噪声光电探测器 / 平衡光电探测器



1.8.2 可调谐超窄线宽钛宝石 / 染料激光器

针对半导体激光器所不易获得的波长 / 功率，可调谐钛宝石 / 染料激光器可产生波长连续可调的超窄线宽激光，通过倍频可扩展至紫外短波范围。TekhnoScan 成立于 1993 年，是俄罗斯著名的激光器生产厂商，主要致力于研究和生产窄线宽连续可调谐钛宝石激光器、窄线宽连续可调谐染料激光器以及飞秒光纤激光器。其独特的产品，稳定的性能，在业内享有盛誉。TekhnoScan 激光器采用环形腔结构，锁定至超稳 FP 腔后可获得最低 2~3kHz 线宽。激光器全系支持自动波长调节及锁定。

1) 窄线宽连续可调钛宝石激光器 -TIS-SF 系列



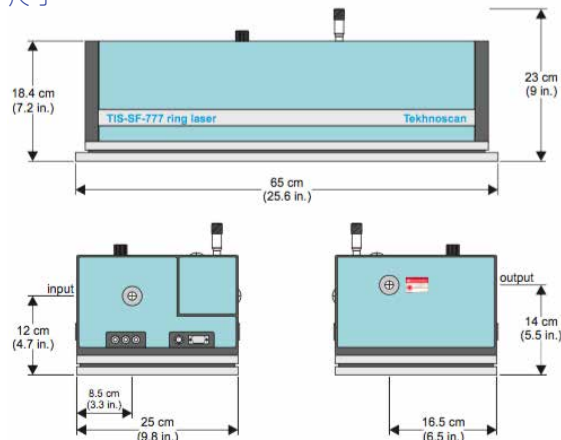
TIS-SF-777 超窄线宽连续可调钛宝石激光器是 TekhnoScan 经典产品，可实现 2-3kHz 窄线宽输出，主要得益于高精度自动稳定调节腔体及快速压电控制反射镜，配合精密的电路控制，保证激光器输出频率超窄线宽、超高的稳定性及快速方便的操控。

TIS-SF-777 可配合 TekhnoScan FD-SF-07 倍频腔工作，输出波长范围可扩展至紫外、蓝光波段，同时保证 5kHz 线宽。

应用

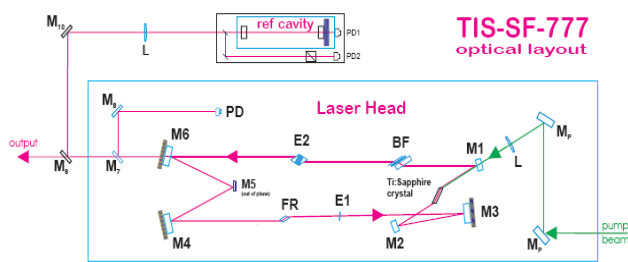
- 原子冷却
- 超分辨光谱学
- PLIF
- 波色爱因斯坦凝聚 (BEC)
- 超分辨光谱吸收

尺寸



特点

- 超窄线宽——2-3kHz
- 智能自动锁频功能，保证激光器在外部扰动状况下正常工作



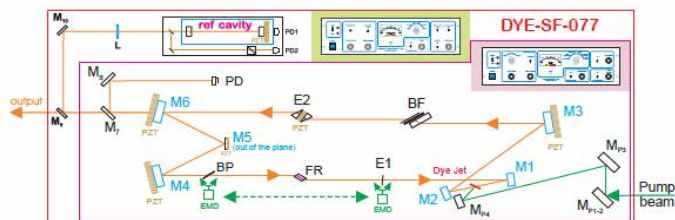
性能指标

技术参数	TIS-SF-07	TIS-SF-077	TIS-SF-777
波长范围 (nm)	780-850nm	695-770nm, 850-950nm	950-1050nm
二倍频		350-525nm (可选项)	
输出功率 (W)	>1.9W@12W 泵浦; >1W@8W 泵浦;	>1.5W@10W 泵浦; >450mW@5W 泵浦	
绝对线宽 (RMS)	<5MHz	<50kHz	<5kHz
频率漂移		<40/50MHz/ 小时	
扫描速度		>5GHz	
光斑模式		TEM ₀₀	

2) 窄线宽连续可调稳频染料激光器 -DYE-SF



DYE-SF 染料激光器采用环形腔结构，操作方便、简单，其输出激光线宽小于 100kHz，将商业化单频染料激光器的线宽标准进一步提升。



特点

- 独立的染料循环模块，更换方便
- 超窄线宽——100kHz
- 智能自动锁频功能，保证激光器在外部扰动状况下正常工作

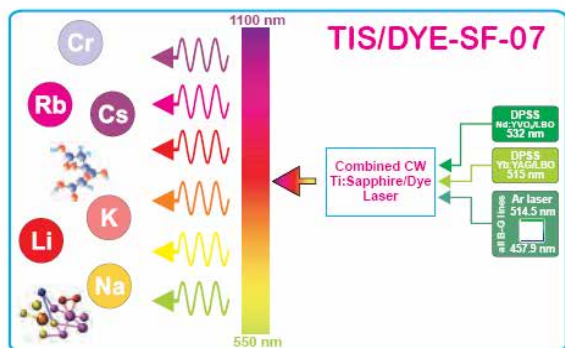
应用

- 原子冷却
- PLIF
- 超分辨光谱吸收
- 超分辨光谱学
- 波色爱因斯坦凝聚 (BEC)

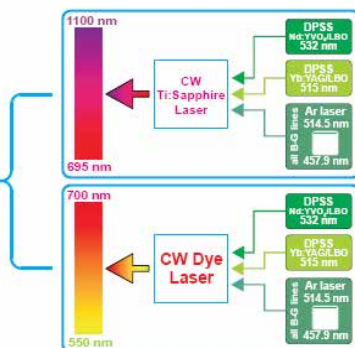
性能指标

技术参数	DYE-SF-07	DYE-SF-077
波长范围 (nm)	570-700nm	550-700nm
二倍频	285-350nm (可选项)	
输出功率 (W)	>1W@6W 泵浦	>1.5W@10W 泵浦
绝对线宽 (RMS)	<10MHz	<100kHz
频率漂移	<40/50MHz/ 小时	<30MHz/ 小时
扫描速度		>6GHz
光斑模式		TEM ₀₀

3) 窄线宽连续可调钛宝石 / 染料联合激光器 -TIS/DYE



TIS/DYE-SF-07 联合激光器，其染料激光器与钛宝石激光器水平平行排列，保证激光器较高的稳定性，使用过程中，可通过同一控制单元控制钛宝石 / 染料激光器，只需简单内部调节来切换输出。



TIS/DYE-SF 是 Tekhnoscan 基于其可调谐钛宝石激光器和染料激光器基础上研发而来，在保证窄线宽输出的同时，将波长调谐范围扩展至 550-1100nm，另外，可配合 Tekhnoscan FD-SF-07 倍频腔工作，输出波长范围可扩展至 275-1100nm。

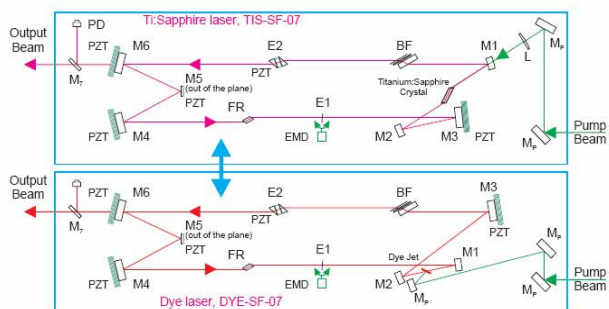
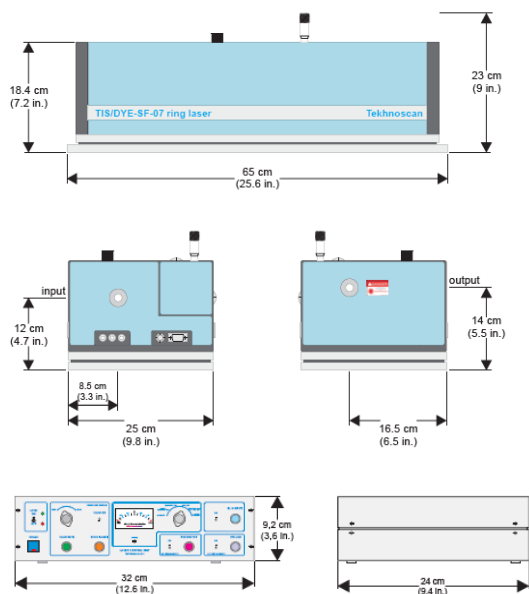
特点

- 波长调谐范围宽至 275-1100nm
- 激光线宽窄

应用

- 原子冷却
- PLIF
- 超分辨光谱吸收
- 超分辨光谱学
- 波色爱因斯坦凝聚 (BEC)

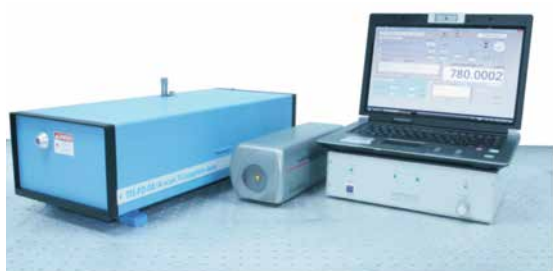
尺寸



参数

技术参数	TIS/DYE-SF-07
波长范围 (nm)	570-620, 550-600, 620-700, 750-850, 695-770, 850-950, 950-1100nm
二倍频	275-550nm (可选项)
输出功率 (W)	>1.9W@12W 泵浦; >1.5W@10W 泵浦; >1W@8W 泵浦; >450mW@5W 泵浦
绝对线宽 (RMS)	<5MHz (695-1100nm), <10MHz (550-700)
频率漂移	<40/50MHz/小时
扫描速度	>5GHz
光斑模式	TEM ₀₀

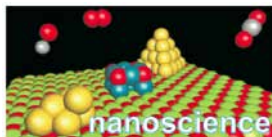
4) 自动扫描窄线宽连续激光系统 -T&D-scan



由电脑控制的全自动扫描窄线宽连续激光器系统，利用高精度波长计和电脑控制软件，可以在 274-1100nm 宽光谱范围内实现闭环自动扫描。

应用：

- 半导体量子结构
- 人工电磁材料
- 纳米技术应用



技术参数	T&D Scan
波长范围 (nm)	275-1100nm (分段可选)
输出功率 (W)	>4W@550-1100nm; 500mW@275-550nm
绝对线宽 (RMS)	1-6GHz
波长精度	0.001nm
扫描模式	平滑扫描或步数扫描

2. 气体激光器

2.1 准分子激光器

德国 ATL Lasertech 公司专业生产小型化、高重频、短脉冲准分子激光器。

主要应用于：

- 眼科手术
 - 玻璃及塑料微加工
 - 微制造
- 激光剥蚀
 - TOF 质谱
 - FBG 刻写

ATL 提供 ATLEX、专用于 FBG 刻写的 ATLEX-FBG 系列，低负荷的 ATLEX-LR 系列，以及非常紧凑的 ATLEX-S 系列。

产品采用一系列独到的设计以满足工业级应用需求：

- 软电晕预电离
- 全固态高压脉冲发生器
- 激光头容积 < 3L
- 全金属 - 陶瓷管路
- 集成真空泵及卤素过滤器
- 全风冷，主动热管理
- RS485, RS232, USB 以及光纤接口
- 可冲洗光具座
- 能量稳定模式

1) ATLEX-I 系列

ATLEX-I 依据重复频率的不同，分为 ATLEX-300-I、ATLEX-500-I、ATLEX-1000-I 三个型号。



增益介质		F2	ArF	KrF	XeCl	XeF
波长 (nm)		157	193	248	308	351
高压开关技术		固态开关				
最高脉冲能量 (mJ)		1	10	15	8	7
最高平均功率 (W)	ATLEX-300-I	0.2	2.4	4.0	2.0	1.7
	ATLEX-500-I	0.5	4.0	6.5	3.0	2.5
	ATLEX-1000-I	N/A	8	10	N/A	N/A
最高重频 (Hz)	ATLEX-300-I	300				
	ATLEX-500-I	500				
	ATLEX-1000-I	1000				
脉冲宽度 (ns)		5 - 8				
光束尺寸 (mm)		4×6				
光束发散角 (mrad)		1×2				
能量稳定性 (rms)		3%				
外形尺寸 (mm, L×W×H)		540*470*300				

2) ATLEX-FBG 系列

ATLEX-FBG 系列专为 FBG 刻写设计，具备较好的空间相干性指标。ATLEX-FBG 共 300、500 两个型号。



增益介质		ArF	KrF
波长 (nm)		193	248
高压开关技术		固态开关	
最高脉冲能量 (mJ)		10	15
空间相干性 (光斑垂直方向)(μm)		>300	
最高平均功率 (W)	ATLEX-300-I	2.4	4.0
	ATLEX-500-I	4.0	6.5
最高重频 (Hz)	ATLEX-300-I	300	
	ATLEX-500-I	500	
脉冲宽度 (ns)		5 - 8	
光束尺寸 (mm)		4×6	
光束发散角 (mrad)		1×2	
能量稳定性 (rms)		3%	
外形尺寸 (mm, L×W×H)		540*470*300	

3) ATLEX-LR 系列

ATLEX-LR 系列适合低负荷使用，专门为激光剥蚀 (Laser Ablation) 设计。激光为 193nm 输出优化，同时具有非常快的上升沿和高峰值功率。



增益介质	ArF
波长 (nm)	193
高压开关技术	固态开关
最高脉冲能量 (mJ)	12
能量稳定选项输出 (mJ)	10
脉冲宽度 (ns)	5
光束尺寸 (mm)	4×6
光束发散角 (mrad)	1×2
能量稳定性 (rms)	3%
外形尺寸 (mm, L×W×H)	540*470*300

4) ATLEX-S 系列

ATLEX-S 具备更小的尺寸，适合低 - 中负荷的应用。



增益介质	ArF		KrF	
波长 (nm)	193		248	
高压开关技术	固态开关			
最高脉冲能量 (mJ)	10		15	
最高平均功率 (W)	2.4	4	4	6
最高重频 (Hz)	300	500	300	500
脉冲宽度 (ns)	5 - 8			
光束尺寸 (mm)	4×6			
光束发散角 (mrad)	1×2			
能量稳定性 (rms)	3%			
外形尺寸 (mm, L×W×H)	540*470*300			

2.2 离子激光器

离子激光器是采用氩离子、氪离子作为增益介质的激光器。尽管近年以来固体激光器获得了长足的发展，但是离子激光器以其高连续功率、多波长 / 可选择波长输出能力、纯 TEM₀₀ 光斑模式输出、窄线宽及极佳波长稳定性、低噪声等特征，在科研及工业应用中仍旧有广泛的应用空间。

Modu-Laser 是一家美国公司，专业制造可供科学研究、工业生产和娱乐应用的氩离子激光器。Modu-Laser 公司提供激光波长分别为 457nm、488nm 和 514nm 的单线氩离子激光器，同时也提供输出功率可达 300mW（TEM₀₀）的多线氩离子激光器。为满足大学研究和应用需求，Modu-Laser 公司进一步提供经过滤光片选择波长的 457nm、488nm、514nm 和全谱线合一的氩离子激光器。此外，Modu-Laser 公司还提供为娱乐应用的输出功率高达 1000mW 的风冷氩离子多模激光器。所有 Modu-Laser 公司的氩离子激光器均采用密封镜（sealed-mirror）技术和高效集成电源，体积小、重量轻、成本低，可广泛应用于科研、工业和娱乐方面。

1) Stellar 系列氩离子激光器系统

Stellar 系列氩离子激光器为一体式风冷氩离子激光器，相对其他氩离子激光器具有更紧凑的尺寸、更便利的操作和更高的性价比。这款激光器把密封激光管和先进的供电电源整合在一个机箱中，比同级别的氩离子激光器具有最小的机箱。高输出功率、高性能、更好的尺寸比，使其成为许多应用的理想选择。根据功率不同分为 Stellar-Pro 系列、Stellar-L 系列、Stellar-Pro Sleccct 系列以及 Stellar-RMN 系列，每个系列均包含 457.9 - 488nm 单线输出产品、多线合并输出产品及多线可切换波长产品。

Stellar-Pro 系列



型号	Stellar-Pro 457-10	Stellar-Pro 488-50	Stellar-Pro 514-50	Stellar-Pro ML-150
波长	457.9nm	488nm	514.5nm	457.9nm-514.5nm 多线
最大输出功率	10mW	50mW	50mW	150mW
光束模式	TEM ₀₀	TEM ₀₀	TEM ₀₀	TEM ₀₀
光斑直径	0.65mm	0.65mm	0.65mm	0.65mm
光束发散角	0.95mrad	0.95mrad	0.95mrad	0.95mrad
指向稳定性	< 30urad	< 30urad	< 30urad	< 30urad
功率漂移	< ±1%	< ±1%	< ±1%	< ±1%
噪声	< 1%RMS	< 1%RMS	< 1%RMS	< 1%RMS
偏振比	> 250:1	> 250:1	> 250:1	> 250:1

Stellar-Pro-L 系列



型号	Stellar-Pro-L 457-20	Stellar-Pro-L 488-100	Stellar-Pro-L 514-100	Stellar-Pro-L ML-300	Stellar-Pro-L ML-1000
波长	457.9nm	488nm	514.5nm	457.9nm-514.5nm 多线	
最大输出功率	20mW	100mW	100mW	300mW	1000mW
光束模式	TEM ₀₀	TEM ₀₀	TEM ₀₀	TEM ₀₀	多模
光斑直径	0.75mm	0.75mm	0.75mm	0.75mm	0.95mm
光束发散角	0.95mrad	0.95mrad	0.95mrad	0.95mrad	1.7mrad
指向稳定性	< 30urad	< 30urad	< 30urad	< 30urad	< 30urad
功率漂移	< ±1%	< ±1%	< ±1%	< ±1%	< ±10%
噪声	< 1%RMS	< 1%RMS	< 1%RMS	< 1%RMS	< 5%RMS
偏振比	> 250:1	> 250:1	> 250:1	> 250:1	非偏振

Stellar-Pro Select 系列多波长氩离子激光器

Stellar-Pro Select 系列激光器采用密封激光管设计，并与先进的供电电源和滤光轮整合在一个机箱中，尺寸、性能、输出功率完美结合在一起，该激光器允许用户手动选择四种不同的波长输出，给用户提供了激光灵活性，就如同 4 个激光器合在一起。



激光器型号	Stellar-Select-150	Stellar-Pro-Select-300
波长（单线）	457.9nm、488nm、514.5nm 和多线模式	
输出功率	8mW@457.9nm、 40mW@488nm、 50mW@514.5nm、 150mW@ 多线	16mW@457.9nm、 80mW@488nm、 100mW@514.5nm、 300mW@ 多线
光束模式	TEM ₀₀	TEM ₀₀
光斑直径	0.65mm	0.75mm
光束发散角	0.95mrad	0.95mrad
指向稳定性	< 30urad	< 30urad
功率漂移	< ±1%	< ±1%
噪声	< 1%RMS	< 1%RMS
偏振比	> 250:1	> 250:1

Stellar-RMN 系列小型化氩离子激光器

Stellar-RMN 系列激光器把密封激光管和先进的供电电源整合在一个机箱中，与同级别的氩离子激光器相比，具有最小的机箱。高输出功率、高性能、更好的尺寸比，使其成为许多应用的理想选择。Stellar-RMN 激光器配备 E-Cool-S 远程冷却件可以消除激光束的风扇振动噪声，该激光器专业用于拉曼光谱以及显微镜应用。



型号	Stellar-Pro 488-50	Stellar-Pro 514-50	Stellar-Pro ML-150
波长	488nm	514.5nm	457.9nm-514.5nm
最大输出功率	50mW	50mW	150mW (Total)
光束模式	TEM ₀₀	TEM ₀₀	TEM ₀₀
光斑直径	0.65mm@1/e ²	0.65mm@1/e ²	0.65mm@1/e ²
光束发散角	0.95mrad	0.95mrad	0.95mrad
指向稳定性	< 30urad	< 30urad	< 30urad
功率漂移	< ±1%	< ±1%	< ±1%
噪声	< 1%RMS	< 1%RMS	< 1%RMS
偏振比	> 250:1	> 250:1	> 250:1

2) Aries 标准氩离子激光头

氩离子激光器使用中首先失效的是气体激光头，激光头的定期更换也是离子激光器最重要的运行维护成本来源。Aries 系列氩离子激光头为当前使用光谱物理 Spectra-Physics TM163 和 JDSU TM2211 激光系统的应用降低了门槛。另外，Aries 系列激光器还是很多要求垂直冷却结构激光头的应用的理想选择。Aries-163 系列用于替代 SP TM163 系列，而 Aries-2211 系列则用于替代 JDSU TM2211 系列激光头。

Aries-163 488/25



型号	Aries-163 488/25 Aries-2211 488/25	Aries-163 514/25 Aries-2211 514/25	Aries-163 ML/50 Aries-2211 ML/50
波长	488nm	514.4nm	457.9nm-514.5nm
输出功率	25mW	25mW	50mW
光束模式	TEM ₀₀	TEM ₀₀	TEM ₀₀
光斑直径	0.70mm@1/e ²	0.70mm@1/e ²	0.70mm@1/e ²
光束发散角	0.90mrad	0.90mrad	0.90mrad
指向稳定性	< 30urad	< 30urad	< 30urad
功率漂移	< ±1%	< ±1%	< ±1%
噪声	< 1%RMS	< 1%RMS	< 1%RMS
偏振比	> 250:1	> 250:1	> 250:1

2.3 氦氖激光器

Pacific Lasertec 全面承接了久负盛名的 Melles Griot 品牌氦氖激光器的研发团队、技术能力、生产设备及 40 年氦氖激光器成熟经验，为业界提供高性能氦氖激光器。全系列具备单管内腔式设计、TEM₀₀ 模式输出、紧凑体积和高度稳定性。尤为有特色的是稳频氦氖激光器、绿光氦氖激光器以及高功率氦氖激光器。

Pacific Lasertec 氦氖激光器全面采用原 Melles Griot 型号，方便老用户选择。

1) 小型 HeNe 激光器



型号	输出功率 (mW)	输出波长 (nm)	偏振度	光束口径 (mm, ±5%)	发散角 (mrad, ±5%)	纵模间距 (MHz)
25-LHP-213	0.5	632.8	500:1	0.46	1.77	1063
25-LLR-811	0.5	632.8	随机	0.47	1.70	1078
25-LHP-111	1.0	632.8	500:1	0.59	1.35	687
25-LHP-121	2.0	632.8	500:1	0.59	1.35	687
25-LHR-121	2.0	632.8	随机	0.59	1.35	687
25-LHP-151	5.0	632.8	500:1	0.80	1.00	438
25-LHR-151-615	7.0	632.8	500:1	0.80	1.00	438

2) 稳频 HeNe 激光器



稳频氦氖激光器采用短腔、对称双纵模设计，可通过增益曲线斜率或纵模平衡变化自动锁定激光器腔长，实现稳频。稳频氦氖激光器广泛用于全息干涉、精密计量、光学计量等领域。

型号	05-STP-910	05-STP-912
输出波长	632.8nm	632.8nm
输出功率	0.5mW	1mW
光束直径	0.48mm	0.54mm
发散角	1.70 mrad	1.50 mrad
偏振度	>1000:1	>1000:1
振幅噪音	<0.1% rms	<0.1% rms
频率调谐范围 (蓝侧)	400 - 600MHz	50 - 600MHz
振幅调谐范围	0.35 - 0.70mW	0.60 - 1.40mW
相干长度:		
1 小时	>300 m	>300 m
8 小时	>30 m	>30 m
1 月	>30m	>30m
振幅稳定性:		
1 小时	±0.1%	±0.1%
8 小时	±0.1%	±0.1%
1 月	±0.2%	±0.2%
频率稳定性:		
1 小时	±1MHz	±1MHz
8 小时	±1MHz	±1MHz
1 月	±10MHz	±10MHz

3) 高功率 HeNe 激光器



型号	输出功率 (mW)	输出波长 (nm)	偏振度	光束口径 (mm, ±5%)	发散角 (mrad, ±5%)	纵模间距 (MHz)
25-LHP-991	10.0	632.8	500:1	0.65	1.24	341
25-LHP-991-529	13.0	632.8	500:1	0.65	1.24	341
05-LHP-845	17.0	632.8	500:1	0.96	0.86	257
05-LHP-845-275	20.0	632.8	500:1	0.96	0.86	257
05-LHP-928	35.0	632.8	500:1	1.23	0.66	165

4) 黄光与绿光 HeNe 激光器

型号	输出功率 (mW)	输出波长 (nm)	偏振度	光束口径 (mm, ±5%)	发散角 (mrad, ±5%)	纵模间距 (MHz)
05-LGR-025	0.2	543.5	随机	0.60	1.26	732
05-LGR-151	0.5	543.5	随机	0.80	1.01	438
05-LGR-173	0.8	543.5	随机	0.79	0.88	373
05-LGR-193	1.5	543.5	随机	0.86	0.81	320
05-LGP-193	1.0	543.5	500:1	0.86	0.81	320
05-LYP-173	1.0	594.1	500:1	0.83	0.91	373

3. 超快激光器

3.1. 光纤飞秒振荡器与放大器

1) 美国 Clark-MXR 公司 IMPulse 高重频微焦级光纤放大器

美国 Clark 公司是最早将 CPA 飞秒激光商品化的公司之一。其目前主推产品为高重频、微焦级光纤飞秒激光器 IMPulse。高于其他商品化光纤放大器的重频 (20MHz/1μJ)，且重频 / 脉冲能量可兼顾调节的特性使得 IMPulse 易适配多种类型的应用，尤其是作为超快电镜 (4-D 电镜) 的飞秒光源。

高功率高频光纤 fs 激光器 IMPulse

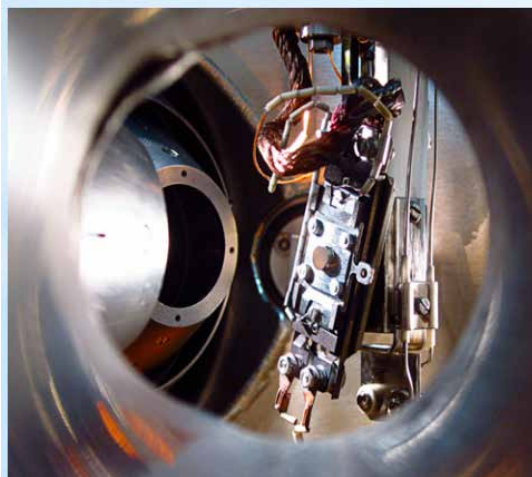
脉冲能量 : >10μJ@MHz, 适合做一些材料刻划、读写等微加工制程和时间分辨率类科研应用;



平均功率	20W (≥ 2MHz 输出时), 可通过计算机调节
重复频率	200kHz ~ 25MHz 通过软件调节;
脉冲能量	>10μJ, 软件调节; 重频 × 脉冲能量 ≤ 20W
脉冲宽度	<250fs ~ >8ps, 软件调节;
横模	TEM ₀₀ , M ² <1.2 (取决于脉冲能量)
噪声	<1% rms
输出波长	1030nm

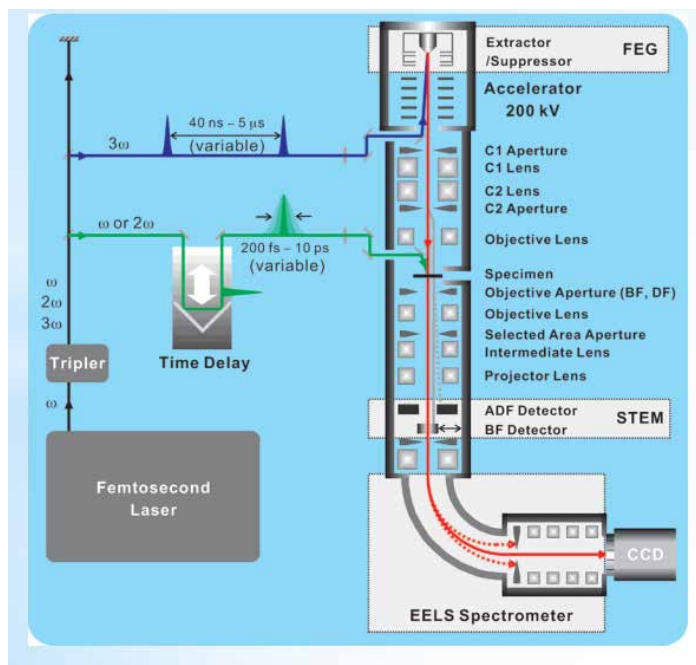
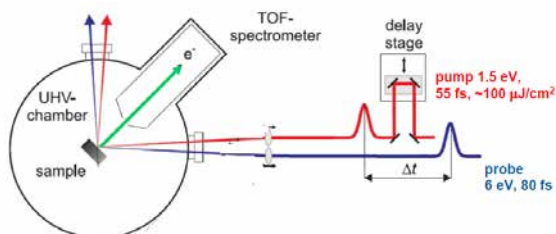
- 脉冲能量 : >10μJ&MHz, 适合做一些材料刻划、读写等微加工制程和时间分辨率类科研应用;
- >20W 功率输出, 200KH-25MHz 可调, 8ps-250fs 可调;
- 全部采用半导体泵浦
- 一体化直线结构, 非常紧凑和稳定, 24 小时 / 7 天免维护使用, 全自动软件运行;
- 噪声低 <1%, 光斑质量好;
- 可以通过倍频模块、NOPA (可同时泵浦 2 台) 等模块实现波长扩展 (深紫外到红外), 非常适合做 CARS、4 维电镜、光电子能谱激发等时间分辨应用;

应用举例



ToF-ARPES 应用

Prof. Wolf Widdra (Martin Luther University, Halle-Wittenberg, Germany) use one of his two Model IMPulses to generate high-order (13~45eV, up to 40 th harmonic)



四维电镜 (UEM)

Prof. Ahmed Zewail at CalTech (1999 Nobel Laureate)

观察原子尺度物质结构和形状在极短时间内所发生的变化

波长转换模块

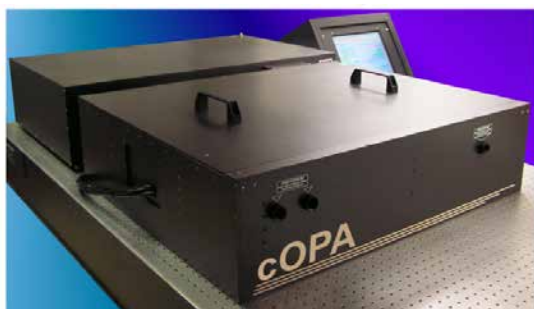


倍频模块 (SHG/THG)

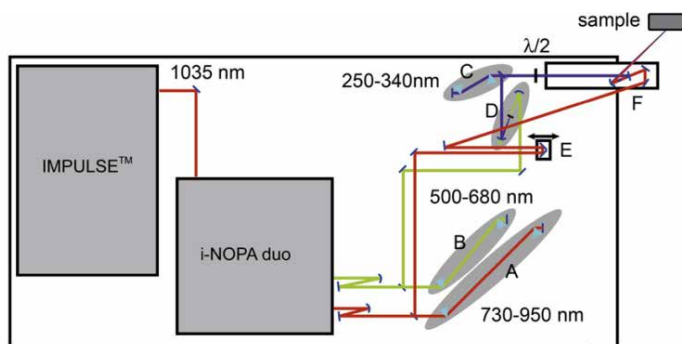


非线性光参量放大器 (NOPA)

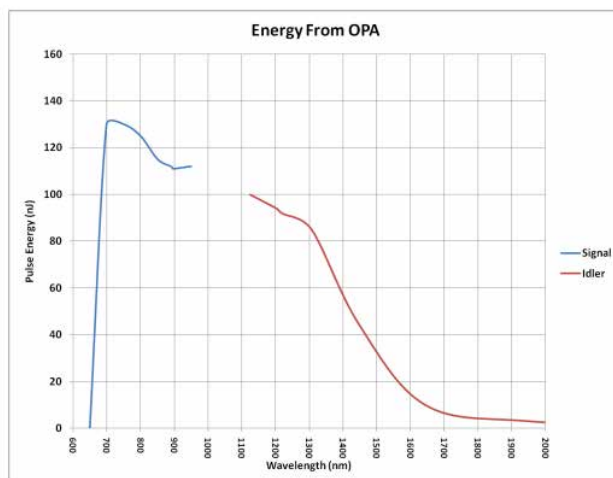
一体化集成式可调飞秒激光系统 COPA—CARS 专用光源



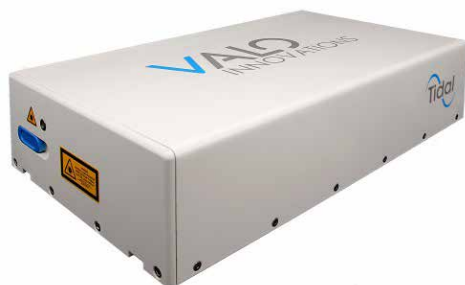
根据客户需求, Clark 公司为 CPA 系列、ImPulse 系列激光器提供紧凑型、高倍频效率、模块化倍频模块和模块化非线性光参量放大器 (NOPA), 得到紫外到红外波长输出。



采用 1 台 IMPuSe 泵浦 2 台 NOPA 模块, 可同时输出 3 路 fs 激光 (四路同步抖动 <10fs), 其中 2 路可实现波长可调 (700-950 nm (Signal) 1130-1300 nm (Idler), 1125 nm to 1950 nm 可以扩展, 100nJ/发), 另外一路为 1030nm、1μJ 能量。最高频率可达 5MHz, 稳定性高, 24 小时 / 7 天正常运行, 非常适合做多模态生物显微成像和 CARS 应用, 更多需求, 可以跟原厂讨论。



2) 超短脉冲光纤激光器



受限制于增益带宽及非线性色散，光纤飞秒激光器一般较难实现 100fs 以下的输出，尤其是在高功率输出时。来自德国的 VALO INNOVATIONS 通过独到的技术，一举将光纤飞秒激光器脉宽推进至 50fs，让光纤激光成为真正的“超短脉冲”激光，并且提供高达 3W 的平均功率。

VALO 提供 Aalto、Tidal 两款超短脉冲光纤飞秒激光器：

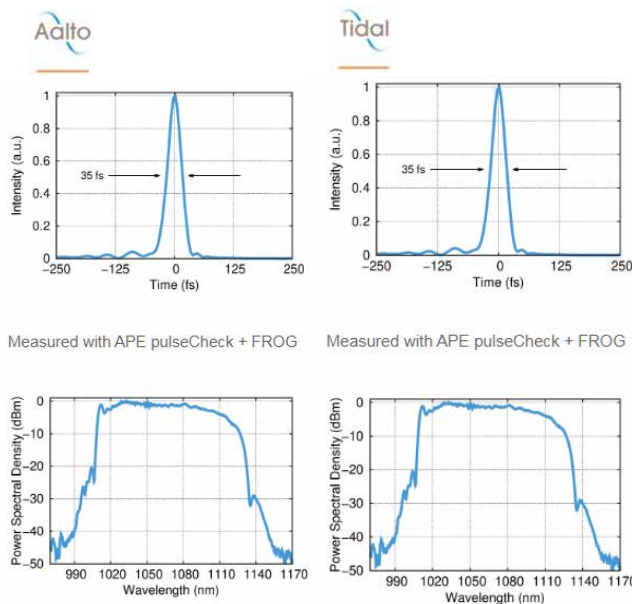
特性：

- Turnkey 即用
- 脉宽可调
- 预色散模块
- 远程控制
- 可选光纤输出

应用：

- 生物光子学
- 多光子显微
- 光遗传
- 时间分辨光谱
- 双光子聚合
- 3D 微打印
- 超连续谱
- 放大器种子激光
- OPO 泵浦

中心波长	1050±10nm	1060±10nm
脉宽	<50fs	<50fs
光谱带宽	>90nm (-10dB)	>90nm (-10dB)
平均功率	>200mW	>3W
重复频率	30±1 MHz	30±1 MHz
M ²	<1.2	<1.25



3) Chromacity 光纤超快激光器 / 红外 OPO



英国 Chromacity 公司提供全密封、风冷散热光纤超快激光器，脉宽 <150fs，功率 >3.5W。除 1040nm/520nm 标准输出波长外，Chromacity 还提供非常有特色的中远红外超快 OPO，波长可覆盖至 12μm。

Chromacity 1040

型号	1040 Low Power	1040 Midium Power	1040 High Power
输出功率	500mW	2.5W	3.5W
中心波长	1030nm	1040nm	1040nm
脉冲宽度	<150fs	<150fs	<150fs
脉冲能量	5nJ	25nJ	35nJ
重复频率		100MHz	
冷却方式		风冷	

Chromacity 520

型号	520 Low Power	520 High Power
输出功率	500mW	1.5W
中心波长	520nm	520nm
脉冲宽度	<150fs	<150fs
脉冲能量	5nJ	12nJ
重复频率		100MHz
冷却方式		风冷

Chromacity OPO

型号	Near-IR	Mid-IR
信号光	1.4μm~1.8μm	4.5 ~ 12μm
闲置光	2.4μm~4.2μm	根据需要选择晶体
输出功率	850mW @ 1.5μm, >350mW 整个信号光范围	100mW 4.5 ~ 7μm, 20mW @ 12μm
重复频率		100MHz
冷却方式		风冷

3.2 钛宝石超快振荡器

在超快激光的产生和放大方面，钛宝石的很多特点和优势还是无法代替的：超宽增益带宽带来的极短脉宽和宽范围可调谐性能、自锁模机制无需可饱和吸收体、大尺寸晶体用于高能量放大等。

3.2.1 Laser Quantum 系列钛宝石超快振荡器

钛宝石超快振荡器及其扩展产品为 Laser Quantum 公司收购 Giga Optics 之后新建立的超快产品线产品。Laser Quantum 提供系列极端指标的特色钛宝石激光振荡器，例如周期量级超快脉冲、高重频、直接 CEP 调节、重频调节等。激光器广泛用作钛宝石放大器种子、钛宝石光频梳、ASOPS 异步扫描应用等等。

Laser Quantum 钛宝石振荡器全部采用密封、一体式结构，内置自主生产的绿光 DPSS 激光器作为泵源，具备高稳定性和一致性。

1) Gecco 系列



产品特色：

- 重复频率 80MHz (70-110MHz 可选)；
- 极窄的脉宽 (<15fs or <20fs 可选)
- 输出功率 >1W；
- 稳定，长时间锁模；
- 内置 PZT 针对主动式的重复频率稳定化
- 全密封，紧凑型一体式

应用：

- 放大器种子源
- 超快光谱
- THz 光谱及成像
- 双光子聚合
- 材料合工
- 非线性显微成像
- CARS

规格：

型号	Gecco one
平均输出功率	>600mW
中心波长	800nm $\pm$ 20nm
脉宽	<20fs
线宽 FWHM	>40nm
重复频率	80MHz (70-110 MHz options)
单脉冲能量	>7.5nJ
光斑大小	0.8 mm $\pm$ 0.3 mm
发散角	< 3 mrad
M-squared	<1.2
功率稳定度	<1 % (RMS 24 小时)
RMS 噪声	<0.1 % (Opus pump)
偏振比	<0.05 % (finesse pure pump)
操作温度	>100:1
激光头重量	21°C $\pm$ 5°C
热机时间	~30 kg
	<20 min

2) Veteon 系列少周期飞秒振荡器



VENTEON 系列产生极短的少周期脉冲，最快脉冲可以达到 5.5fs。大多数型号具备泵浦源直接调制功能，可以非常方便的实现 CEP 锁定。

Venteon Power

- <7.5 fs FTL 脉宽
- >560mW 平均功率
- >7nJ 脉冲能量
- 放大器注入的理想选择

Venteon CEP5

- <5.5 fs FTL 脉宽
- >220mW 平均功率
- >300nm 光谱带宽
- 完整的 CEP 锁定系统
- 无需额外的光谱展宽

Venteon Dual

- <5.5 fs FTL 脉宽
- >200mW 平均功率
- 双输出，用于 OPCPA 注入
- 可选 CEP 锁

Venteon Ultra

- <5fs FTL 脉宽
- >240mW 平均功率
- 极高光谱带宽 (>380nm)
- >3nJ 脉冲能量
- CEP 应用的理想选择

3) TACCOR GHz 钛宝石振荡器



Taccor Power

- 1GHz 气密密封激光器
- 功率 1.8W @ 800nm
- <30fs 脉宽
- 针对最高功率和脉宽进行了优化

Taccor Comb

- 1GHz
- 长期稳定的 CEO 拍频 (f-to-2f interferometer module)

Taccor Tune

- 1GHz 气密密封激光器
- 波长可调范围 740-930nm
- 功率高达 1.8W
- <80fs 脉宽

Taccor x10

- 10GHz 气密密封激光器
- 1W @800nm
- <50fs 脉宽

TACCOR 是 Laser Quantum 提供的一类独特 GHz 重频钛宝石振荡器，包括波长可指定的可调谐的 TACCOR Tune、高功率 TACCOR Power、用于光梳的 TACCOR Comb 以及 10GHz 重频信号 TACCOR X10。

TACCOR 为 800nm 波段的 GHz/10GHz 光频梳、GHz ASOPS 提供了理想的产品。

应用

- 光频梳
- 精密计量和光谱学
- 非线性光谱
- 高速异步光学采样 (ASOPS)

规格

	Taccor Power	Taccor Tune	Taccor x10
平均功率	Power 6 >1000mW Power 10 >1800mW	Tune 10>1800mW	>1000mW
中心波长	nominal 800 nm (+/-20 nm)	740 nm to 930 nm (tunable)	nominal 800 nm (+/-20 nm)
脉宽	<30 fs	<80 fs	<50 fs
光谱带宽	>23 nm	~15 nm	>15 nm
重复频率	1 GHz		10GHz
脉冲能量	0.8 nJ to 1.8 nJ	1.3 nJ - 1.8 nJ tune 10	>100 pJ
光束大小	0.8 mm +/-0.3 mm		0.7mm +/-0.3 mm
发散角	2.0 mrad +/-0.5 mrad		<10 mrad
M ²	<1.2 (sag plane), <1.2 (tan plane)	<1.2 (sag plane) <1.6 (tan plane)	<1.5 (sag plane), <1.5 (tan plane)
功率稳定度		<1%	
噪声 RMS		<0.05%	
偏振比		>100:1	
偏振方向		Horizontal	
操作温度		21° +/- 5°C	

4) GHz 飞秒激光倍频器



HarmoniXX 倍频器专为 Laser Quantum Taccor 系列 GHz 钛宝石振荡器设计，实现 400nm 短波长飞秒激光输出。

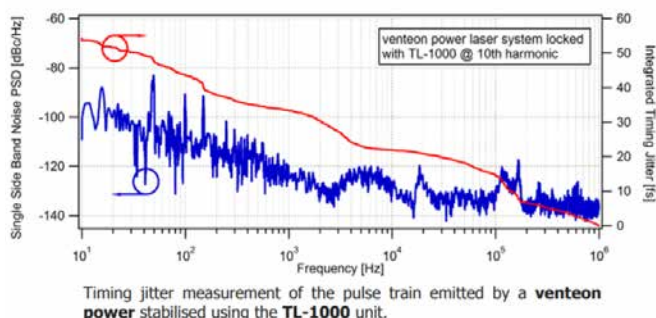
输入波长	800nm ±20nm	
输出波长	400nm ±20nm	
输入重频	1GHz	
输入脉宽	~30nm	
输入带宽	~30nm	
输入功率	1.0W	1.8W
输出功率	75mW	250mW
转换效率	7.5%	14%
输出带宽	~8.5nm	

5) TL-1000 频率锁定器



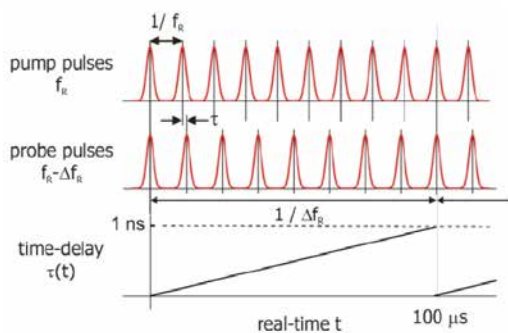
锁模飞秒激光的重复频率由光学强场决定，严格满足 $f_{REP}=c/2L$ ， c 为光速， L 为计入所有介质折射率的光学腔长。因温度 / 机械形变等原因导致的腔长变化会引起重复频率的变化，或飞秒激光脉冲的抖动。

在需要非常稳定的重复频率场合或需要与其他重复频率信号位相同步时，需通过反馈控制将重频锁定。Laser Quantum TL-1000 可将激光器与射频源或其他激光器锁定，脉冲抖动 $<100\text{fs}$ 。

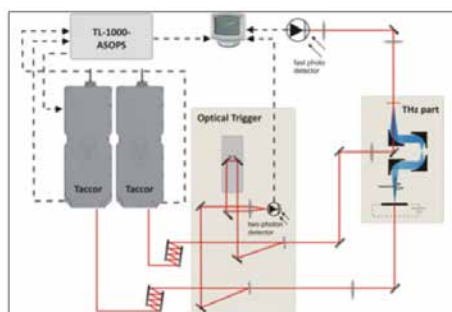


	TL-1000	TL-1000 (low jitter)
重频范围	75MHz ~ 10GHz	75MHz ~ 10GHz
时间抖动 :Taccor/ Helixx	$\leq 100\text{fs}$ (10Hz ~ 100kHz)	$\leq 10\text{fs}$ (10Hz ~ 100kHz)
时间抖动 :Venteon/ Gecco	$\leq 300\text{fs}$ (10Hz ~ 100kHz)	$\leq 100\text{fs}$ (10Hz ~ 100kHz)

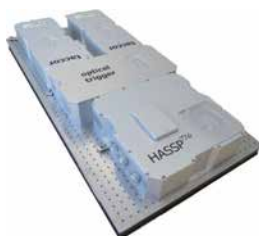
6) ASOPS 引擎



ASOPS 示意图



基于 ASOPS 的 HASSP THz 时域光谱仪



异步光学采样 (Asynchronous Optical Sampling, ASOPS) 系统采用相互锁定、有固定重频差的两台激光器来实现变延时的泵浦 - 探测。主激光器 (激发光) 以 f_R 重频输出，而从激光器以略低频率 ($f_R - \Delta f_R$) 输出；如果初始时刻两台激光器同时输出，则相互之间的延时会以 $1/(f_R - \Delta f_R) - 1/f_R \approx \Delta f_R / f_R^2$ ，且经过 $1/\Delta f_R$ 时间之后两台激光器的脉冲再次对准。例如，如果主激光器振荡频率为 1GHz，从激光器振荡频率为 999,999,000Hz ($f_R=1\text{GHz}$, $\Delta f_R=1\text{kHz}$)，则延时的步距为 $1,000\text{Hz}/(1,000,000,000\text{Hz})^2 = 10^{-15}\text{s} = 1\text{fs}$ ，最长延时 (泵浦 - 探测时间窗口) 为 $1/1,000\text{Hz} = 1\text{ms}$ 。

通过调节主、从激光器的频率差，可实现实验需要的延时精度与数据采集率、时间窗口；通过对泵浦光和探测光进行频率变换，如倍频、四倍频、OPO、THz 产生等，可实现丰富的应用：高分辨率时域太赫兹光谱；高速光泵 - 太赫兹探测；超薄 ($\sim\text{nm}$ 量级) 膜超声测量。

ASOPS 实验影响时间分辨率的主要因素除了设定的频率差外，主要是激光器重频的抖动，因此要求对两台激光器重复频率 (腔长) 加以精密的锁定和控制；而激光器重复频率本身则影响数据采集率，高重频的激光器采样率较高，可提升测量速度。

Laser Quantum ASOPS Engine 为全套的 ASOPS 解决方案，配合 Laser Quantum 各系列振荡器、触发单元，构成完整的 ASOPS 系统，时间分辨率达到 100fs；同时提供基于 ASOPS 的 THz 吸收光谱系统。TL-1000 分为 MHz 和 GHz 两个版本，分别适用与 80MHz 和 1GHz 重频的振荡器。

	ASOPS Engine GHz	ASOPS Engine MHz
重频频率	1 GHz	84 MHz
重频偏移	2kHz ~ 20kHz	10Hz ~ 1kHz
时间分辨率	$<60\text{fs}$ (1ns 窗口)	$<100\text{fs}$ (5ns 窗口)
最长延时窗口	1ns	11.9ns

3.3 其他超快激光器

3.3.1 DART 皮秒激光器



特性与优势：

- 体积紧凑，可任意方向布局，易于集成
- 精确的光束准线
- 优秀的光斑圆度，可靠的光束质量重复度
- 加固抗震设计
- 可根据材料 / 制程进行优化
- 最低关机时间
- 远程控制

丰富的材料处理应用：

- 医用器件：铜，铝，钢，塑料
- 燃料喷嘴：（不锈）钢
- 电动车及电池制造：铜，铝，活性材料
- 半导体：硅，PCB，陶瓷，晶圆
- 弹性 PCB：聚酰亚胺，聚酯，聚乙烯，高弹铜，银胶
- 平板显示：硬脆材料，蓝宝石，玻璃，ITO，TO
- 太阳能电池：层 / 镀膜：单层，多层

DART 为 Laser Quantum 最新研发的高功率皮秒激光器，工作在 1064/532nm。DART 专为超快材料加工处理而研发。

多数超快加工及处理场合，皮秒激光器较飞秒激光器更为适合。皮秒激光器可以避免纳秒激光器加工处理中的热效应，又比飞秒激光器更为稳定、易于传输与聚焦 / 成像，激光器也更为稳定、易于维护。

主要指标：

波长	1064nm	532nm	1064nm	532nm
平均功率	45 W @ 1000 kHz	25 W @ 300kHz	10 W @ 1000 kHz	4 W @ 300 kHz
重复频率	Single Pulse - 15 MHz			
功率稳定度 (1 σ , 8hours)	<1% RMS			
光斑大小	3.0 mm			
发散角	<1 mrad			
椭圆度	>93%			
M-squared	<1.20			
单脉冲能量	300 μ J (100 kHz)	120 μ J (200 kHz)	50 μ J (100 kHz)	20 μ J (200 kHz)
脉冲能量 (5x Burst, 100kHz)	420 μ J	250 μ J	90 μ J	On Request
脉宽	typ. 8 ps			
偏振	>100:1 Vertical or Horizontal, Depending On Mounting Orientation			
热机时间 (Cold start)	<20 min			
热机时间 (Warm start)	<5 min			
操作温度	15 - 35°C			
湿度范围	0 - 90% Non-condensing			
尺寸	570 mm x 360 mm x 180 mm			
重量	40 kg			
冷却水流速	5 l/min			
电源供应	100 to 230 V AC 50 to 60 Hz 2.5 kW			

除激光器外，Laser Quantum 可根据用户需求搭建整套超快加工 / 处理系统：

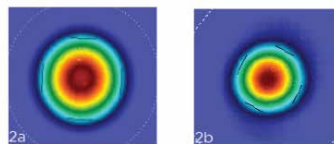
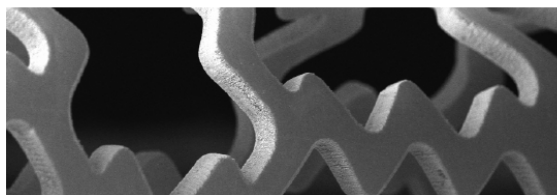
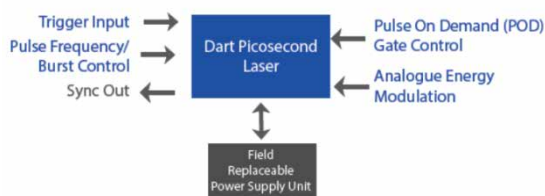


Figure 2a: Beam profile for 1064 nm, 300 kHz at the focus
Figure 2b: Beam profile from 532 nm, 300 kHz at the focus

3.4 低噪声 GHz 飞秒激光器

来自瑞士的 Menhir Photonics 创新推出一体式全固态飞秒激光器，基于孤子锁模技术，提供卓越的可靠性、超低位相与振幅噪声。强健、稳定、7×24 运行、用户友好操作、一键自启动，MENHIR-1550 为无人值守、可靠运行的科研和工业环境提供重频可高达 2.5GHz、具备极低位相噪声、高度频率稳定性的飞秒光源。



核心特点：

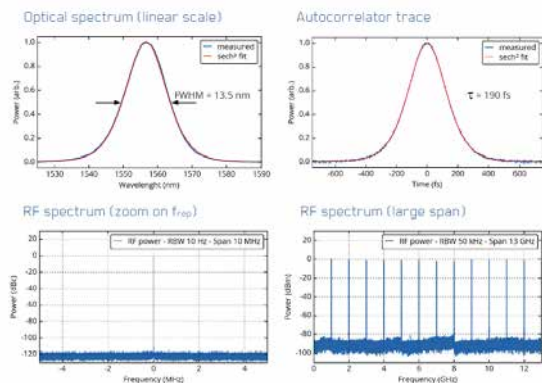
- 超低噪声
- 耐恶劣环境
- 全密封，All-in-one
- 紧凑型工业级设计

主要应用：

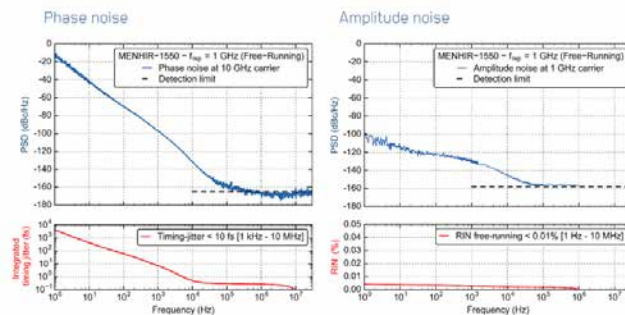
- 空间：时钟分配；光谱仪校准；无线光通讯；
- 微波：射频天文学；模 / 数转换；低噪声射频产生
- 研究：光频梳；太赫兹；光谱学；量子光学；
- 通讯：高稳定时钟；WDM 单光源；自由空间通讯；
- 工业：射频信号发生器；高速数字化；LIDAR

1-GHz MENHIR-1550 激光器测试结果示例

Laser Parameters



Noise Characterization (free-running)



The phase noise of the laser was measured on the 10th harmonic at 10 GHz.

f _c : offset from fundamental harmonic	Phase noise (dBc/Hz)		Timing-jitter [f _c - 10 MHz]	Amplitude noise RMS [f _c - 10 MHz]
	1 GHz carrier	10 GHz carrier		
10 kHz	< -150	< -130	< 1 fs	< 0.01 %
1 kHz	< -115	< -95	< 10 fs	< 0.01 %
100 Hz	< -90	< -70	< 100 fs	< 0.01 %
1 Hz	< -30	< -10	< 5 ps	< 0.01 %

3.5 超快激光诊断测试设备

除与常规激光器测试相同的功率、能量、光束质量等测试项目外，超快激光器独有的测试项目和测试方法主要有：

- 脉冲宽度：采用二阶自相关仪测量；
- 脉冲对比度：通常高峰值功率超快激光需要测试对比度，采用四阶自相关仪测量；
- 脉冲频谱和频域位相：通常用于周期量级的超短脉冲，采用 SPIDER 或 FROG 进行测量。

3.5.1 AVESTA 公司超快诊断设备

俄罗斯 AVESTA 公司提供全系列的扫描自相关仪、单发自相关仪、SPIDER 产品，覆盖可见-红外波段，可测量短至 5fs、长至 20ps 的脉冲。

类型	型号	波长范围	脉宽范围	灵敏度	输入重频	时间分辨率
扫描二阶自相关仪	AA-DD	450~3200nm	10fs~30ps	100mW ²	>10Hz	0.09 ~ 1.22fs
	AA-M	450~2000nm	20fs~12ps	100mW ²	>10kHz	0.16 ~ 0.64fs
	IRA	450nm~11μm	50fs~250ps	>1nJ	>10Hz	8.3fs
单发二阶自相关仪	ASF	400~2200nm	5fs~20ps	1μJ	单发 ~150MHz	2.3 ~ 4fs
	SPIDER	SPIDER	550~1100nm	5~320fs	100mW / 1μJ	任意
四阶自相关仪	COMET	700~1500nm	4ns 范围	50~100μJ		100fs

AA-DD 通用扫描自相关仪



- USB 接口，软件界面友好
- 全反射光学元件（色散影响小）
- 干涉自相关功能
- 内部机械元件无摩擦运动

型号	AA-20DD	AA-10DD-12PS	AA-10DD-30PS
可支持波长范围	450 – 3200nm		
可选 / 可切换光学组件	V:450~700nm; R1:700~1300nm; R2:1300~2000nm; R3:1950~3200nm		
脉宽范围	20fs ~ 6ps	10fs ~ 12ps	10fs ~ 30ps
输入重频	>10kHz	>10Hz	>10Hz
灵敏度（平均功率 × 峰值功率）	100mW ²		
自相关方式（可切换）	共轴干涉相关 强度共轴相关	共轴干涉相关，强度共轴相关， 强度非共线相关	
探测器	半导体探测器双光子电导		
扫描频率	0.1 ~ 20Hz		

AA-M 显微镜扫描自相关仪

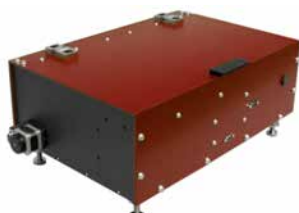


- 外置及内置光电探测器
- 全反射光学元件（色散影响小）
- 条纹分辨光学自相关功能
- 内部机械元件无摩擦运动
- 分路功能

AA-M 系列利用光电传感器的双光子效应实现二阶自相关测量，可将取样探头做成标准载玻片尺寸，方便显微镜物镜下脉宽测量。

波长范围	450 ~ 2000nm
可选 / 可切换光学组件	V:450~700nm
	R1:700~1300nm
	R2:1300~2000nm
输入脉宽范围	20fs ~ 12ps
探测器数量	2（内置及样品处的外置探测器）
输入脉冲重频	>10kHz
典型灵敏度（平均功率 × 峰值功率）	100mW ²
扫描频率	0.1 ~ 20Hz

Comet 对比度测试仪



高功率 / 强场激光应用通常需要避免预脉冲和本底的影响。由于二阶自相关函数的对称性，二阶自相关仪不能测试脉冲对比度。四阶自相关仪（Third order correlator）可用于对比度测量。

- 高动态范围
- 高灵敏光电探测器
- 宽时间范围
- USB 控制

波长范围 *	700 ~ 1500nm
动态范围	10 ¹⁰
扫描范围 **	870ps**
输入能量（40~50fs 脉冲）	50~100μJ
输入重频	<10kHz
分辨率	100fs
* 用户指定；** 可扩展至 4ns	

IRA 红外 / 远红外自相关仪



IRA 系列具有较宽的扫描范围，可测量 50fs~250ps，450nm~11μm 的激光脉宽。

型号	IRA-VISIR	IRA-MIR
波长范围	450 ~ 2000nm VIS: 450~700nm NIR1: 700~1300nm NIR2: 1300~2000nm	2 ~ 11μm MIR1: 2~5μm MIR2: 5~11μm
可切换光学组件		
输入脉宽范围	50fs ~ 250ps	
灵敏度	1 W ² @ 50fs - 1ps (薄晶体) 20W ² @ 50fs ~ 1ps (薄晶体) 5W ² @ 1 ~ 250ps (厚晶体) 50W ² @ 1~250ps(厚晶体)	
最高输入平均功率	1W	
重复频率	10Hz ~ 100MHz	
延迟线分辨率	8.3fs	
扫描范围	850ps	

ASF 单次自相关仪



单次自相关仪采用非扫描式测量，可测量重频低至单发的飞秒脉冲宽度。

型号	ASF-5	ASF-15	ASF-30	ASF-50	ASF-200
可支持波长 *	400~2200nm	450~2200nm	700~2100nm	450~2200nm	450~2200nm
脉宽范围	5~200fs	15~200fs	30fs~1ps	50fs~2ps	200fs~10ps**
最低能量	单发模式 :1μJ @ <200fs, 100μJ @10ps				
	累积模式 :1.2nJ @ <100fs, 80~100MHz (~100mW 平均功率)				
	单发 ~150MHz				
输入重频	单发模式 : 单发 ~ 50kHz				
	累积模式 :>50kHz				
	* 用户需选定波长;				
	** 可扩展至 20ps				

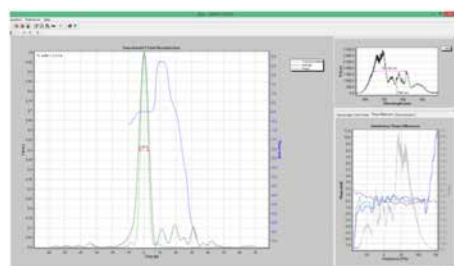
SPIDER



SPIDER (Spectral Phase Interferometry for Direct Electric field Reconstruction) 可提供超短激光脉冲的精确振幅和相位谱测量。

对于极端超短脉冲（周期量级脉冲），测量仪器引入的色散使得自相关方法不能如实地反映激光的脉冲特性。同时，自相关仪是间接测量方法，所得到的是强度自相关函数，只能通过假设脉冲形状来复原脉冲振幅的宽度，而无法得知超短脉冲“品质”是否优良；SPIDER 可提供超短脉冲完整的振幅和位相谱，从而为超快振荡器、放大器的持续优化提供充分的信息。

- 输入脉冲最短可至 5fs
- 单发模式
- 实时测量
- 内置双通道光谱仪
- 内置 CCD 相机，轻松准直
- 可得出自相关函数



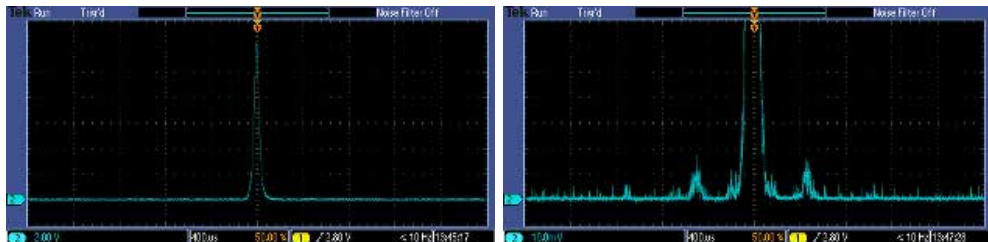
6fs 脉冲时域振幅及位相、光谱及频域位相

	SP-800-5	SP-800-10	SP-1000-20
光谱范围 *	550 ~ 1050nm	680 ~ 1000nm	900 ~ 1100nm
输入脉宽范围 (变换极限脉冲)	5~12fs/ 10~30fs**	10~40fs/ 30~120fs***	20~80fs/ 80~320fs***
灵敏度	100mW @ 100MHz, ~1μJ/ 单发模式		
输入重频	任意 *, 支持单发		
	* 用户提供参数		
	** 脉宽范围通过改变在展宽器中的通过次数切换		
	*** 通过更改光学组件改变脉宽范围; 标配一套光学组件		

3.5.2 高精度无色散快速扫描自相关仪

FemtoChrome 有 35 年研发自相关仪的经验。独创的无色散转镜式高速大量程延迟线， $<0.25\mu\text{m}$ 分束片，确保了无色散测量短至 5fs 的脉冲，真实分辨率可达 1fs。

- 动态范围可达 10^4 ，可显示卫星脉冲
- 灵敏度可达 10^{-7}W^2 (0.1mW^2 ，平均功率 $\times$ 峰值功率)
- 真实分辨率: 1fs
- 数百皮秒扫描范围



10-4 动态范围 + 宽扫描范围：卫星脉冲显现

倍频晶体类二阶自相关仪

此类自相关仪采用倍频晶体作为自相关元件，光电探测器 (PMT 或 PD) 测量自相关强度信号。根据不同的波段范围选择倍频晶体及探测器。这种探测方式具备较高灵敏度和动态范围。



FR-103XL (左，带显示选件)，FR-103WS (中)，FR-103HP (右)

型号	FR-103XL	FR-103WS	FR-103HP
分辨率	1fs	2fs	1fs
最短可测脉宽	5fs	15fs	5fs
最长可测脉宽	~100ps	300ps	30ps
扫描范围	>195ps	>500ps	>75ps
最小输入重频	100Hz （可选 4Hz）	100Hz	4Hz
灵敏度（峰值功率 × 平均功率）	10 ⁻⁷ W ² *	10 ⁻⁷ W ² (PMT)	10 ⁻² W ² (PMT)
波长范围	410 - 5000nm**		
测量模式 ***	共线 / 非共线 / 交叉	非共线 / 交叉	
输入	光纤或自由空间光		
读出 ****	示波器 / PC/ 显示屏		示波器 / PC
晶体	BBO:410~600nm /KDP:510~1100nm /IR:850~5000nm		
探测器	PMT:410~1800nm PD /1100:1100~2200nm		
	PD/2200:2200~3400nm PD/3000:3000~5000nm		

* 可选高灵敏度， 10^{-8}W^2 (500~1700nm)

** 根据需要选择晶体和探测器

*** 标准为非共线相关，共线和交叉相关为选件；

*** 标准产品为示波器读出；PC (USB) 采集、显示屏直接显示为选件；

双光子电流类二阶自相关仪

采用半导体探测器的双光子电流效应作为自相关信号，省去倍频晶体，结构非常紧凑，偏振不敏感，使用更为简便，动态范围略低。型号 FR-103MC 适合自由光使用，FR-103TPM 适合显微镜下使用。



FR-103MC (左)，FR-103TPM

型号	FR-103MN	FR-103TPM
分辨率	1fs	
扫描范围	>40ps	>50ps
输入频率	>4Hz	
波长范围	420-5000nm	700- 2200nm
灵敏度	10^{-7}W^2 (PMT)	10^{-4}W^2
晶体选项	/BBO :410~600nm ; /KDP :510~1100nm ; /IR :850~5000nm	-
探测器选项 :	/PMT 400~1800nm ; PD/1100:1200~2200nm ; PD/2000:2200~3400nm PD/3000:3000~5000nm	/700:700~1200nm ; /1200:1200~2200nm
测量方式	共线干涉相关	
偏振特性	偏振不敏感	
激光输入	自由空间 (可选光纤)	

光学延迟线



高分辨率转镜式光学延迟线，延时分辨率 1fs；无加速 / 减速导致的线性误差；波长范围 :400~5000nm

- FR-203/130ps:130ps 延时范围，占空比 10% 或 50%
- FR-203/400ps:400ps 延时范围，占空比 6%
- FR-203/900ps:900ps 延时范围，占空比 50%

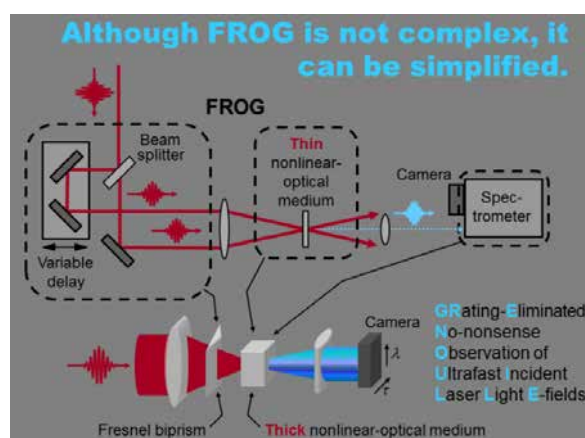
激光器

1
2
3

3.5.3 GRENOUILLE 及 FROG

作为超快激光频谱及位相测试方法的一种，FROG (Frequency Resolved Optical Gating) 是一种比 SPIDER 更为简便的方法，通过分析单次自相关信号的光谱，并辅以拟合运算程序来反解飞秒激光的时频特征。Swamp Optics 公司多年来致力于 FROG 类测量仪器的研制，并推出了功能更为强大、使用更为方便的 GRENOUILLE 测量仪。

- 脉冲强度 / 位相随时间变化
- 光谱与频域位相
- 真实脉冲测量，而非人为设计
- 激光空间模式
- 空间啁啾
- 波前倾斜
- 自相关函数
- 无需假设
- 无需准直
- 高灵敏度
- 实时强度位相反演



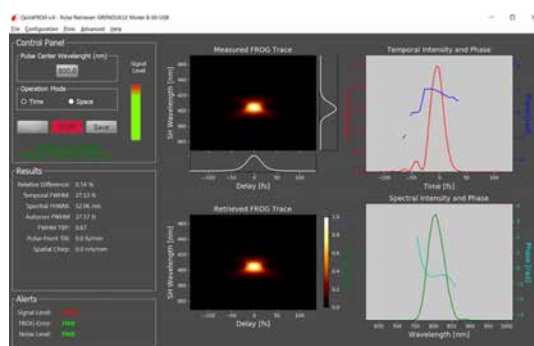
FROG (上) 与 GRENOUILLE (下)

GRENOUILLE/FROG 测量仪



Swamp 提供两种型号的 FROG/ GRENOUILLE，分别用于钛宝石 (800nm) 和 Yb、Nd、Er (1030~1064nm, 1550nm) 飞秒激光器：

近红外 GRENOUILLE/ FROG				
型号	8-4	8-9-USB	8-20-USB	8-50-USB
中心波长	700 ~900nm		700~1100nm	
脉冲宽度	4 ~ 80fs	10 ~ 100fs	19 ~ 340fs	35 ~ 680fs
延时分辨	0.4fs/pixel	0.8fs/pixel	0.9fs/pixel	1.2fs/pixel
时间量程	250fs	460fs	500fs	1900fs
光谱分辨率 @ 800nm	4nm	0.7nm	1.4nm	0.7nm
光谱分辨率 @ 1050nm	NA	0.9nm	5.2nm	2.6nm
光谱覆盖 @ 800nm	600nm	250nm	140nm	50nm
光谱覆盖 @ 1050nm	NA	330nm	360nm	130nm
脉冲复杂程度	时间 - 单宽积 < 10			
强度准确度	2%			
位相准确程度	0.01 rad (强度权重的位相误差)			
单发运行	是	可选		是
灵敏度 (单发)	200μJ	100μJ		1μJ
灵敏度 (1kHz)	100mW	500uW		100uW
灵敏度 (100MHz)	300mW	50mW		10mW
空间啁啾精度 dx/d λ	NA		1μm/nm	
波前倾斜精度 dt/dx	NA		0.05fs/mm	
偏振	垂直		任意 (旋转设备即可)	
输入光斑			>2mm	
调节旋钮	多个		免	
尺寸	45×45×15cm	33×7.5×17cm		26×4.5×11.5cm
重量	~10kg	3kg		1.2kg



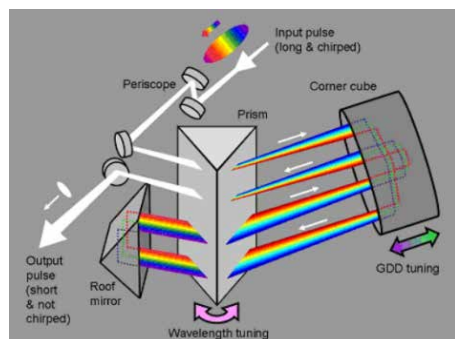
FROG 数据反解软件（可单独提供）

红外 GRENOUILLE/ FROG				
型号	10-100-USB	10-300-USB	15-40-USB	15-100-USB
中心波长	900~1100nm	900~1100nm	1300~1650nm	1300~1650nm
脉冲宽度	60fs ~ 1ps	200fs ~ 3ps	NA	NA
延时分辨	1.2fs/pixel	4fs/pixel	2.2fs/pixel	4.4fs/pixel
时间量程	3.8ps	6ps	1.2ps	3.4ps
光谱分辨率	0.8nm @ 1050nm	0.3nm @ 1050nm	3.2nm @ 1550nm	1.1nm @ 1550nm
光谱覆盖	55nm@ 1050nm	50nm @ 1050nm	150nm @ 1550nm	110nm @ 1550nm
脉冲复杂程度	时间 - 单宽积 < 10			
强度准确度	2%			
位相准确程度	0.01 rad（强度权重的位相误差）			
单发运行	是	是	是	是
灵敏度（单发）	100μJ			
灵敏度（1kHz）	100uW			
灵敏度（100MHz）	10mW			
灵敏度（10GHz）	100mW			
空间啁啾精度 dx/dλ	1μm/nm			
波前倾斜精度 dt/dx	0.05fs/mm			
偏振	任意（旋转设备即可）			
输入光斑	>2mm			
调节旋钮	免			
尺寸	26×4.5×11.5cm			
重量	1.2kg			

脉冲压缩及色散补偿

飞秒激光传输过程中会因介质色散而导致脉冲展宽。很多实验中需要补偿色散以实现短脉宽。

SWAMP 采用单棱镜 + 角反射器设计色散补偿 / 脉冲压缩模块，相对于双棱镜的普通设计，体积更为紧凑、使用更为方便。如需更高色散补偿（百万 fs²），Swamp 可订制光栅色散的产品，所有产品都可选电脑控制电动调节。

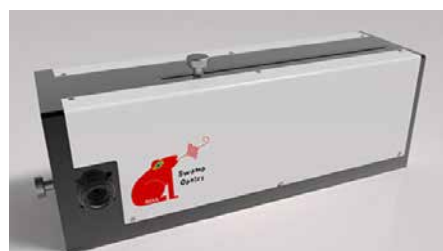


- 针对宽波长范围的色散补偿
- GDD 范围适合大多数多光子显微镜
- 接近于 100% 的透过率
- 易于使用和调谐
- 适应紫外 ~ 红外飞秒激光（175~1700nm）
- 小体积
- 可容许高带宽

型号	BOA-800	BOA-1050	BOA-1300	BOA-1550
波长范围	700~1100nm	900~1200nm	1200~1450nm	1400~1700nm
中心波长最大 GDD	-38,000fs ²	-14,000fs ²	-44,000fs ²	-20,000fs ²
透过率：最短波长	>80%			
中心波长	>70%			
最大带宽：最大 GDD	40nm	110nm	65nm	120nm
一半 GDD	70nm	190nm	110nm	200nm
最高峰值功率	500MW			
总额外光程	<1.5m			
附加角色散 dθ/dλ	0			
附加波前倾斜 dt/dλ	0			
附加空间啁啾 dx/dλ	0			
1D 光束放大倍率	1			
出 / 入光束偏摆	<10mrad			
输入偏振	水平			
偏振旋转	<0.1°			
输入光斑直径	1 ~ 4mm 准直光束			
输入径向允许偏离	1mm			

光栅色散补偿器参数示例：

型号	BOA-G-800	BOA-G-1050	BOA-G-1550
波长范围	750~850nm	1010~1050nm	1525~1575nm
中心波长最大 GDD	-2.5×10 ⁶ fs ²	-2×10 ⁸ fs ²	-2.4×10 ⁷ fs ²
透过率：最短波长	>60%	>70%	>60%
中心波长	>70%	>80%	>70%
最大带宽：最大 GDD	20nm	2nm	20nm
一半 GDD	50nm	5nm	35nm



3.6 超快激光附件及元器件

3.6.1 AVESTA 超快激光附件

AVESTA 提供 2~4 倍频模块、拉曼频移器等频率转换器，太赫兹及超连续谱发生器，空心光纤脉宽压缩器以及色散补偿器等超快激光专用附件。

二倍频器



型号	ASG-O	ASG-A
输入波长范围 *	720~1600nm	
输入允许带宽	50~100nm	
输入脉宽	>20fs	
输入功率	0.1 ~ 3W	<10W
输入能量	<2μJ	2μJ ~ 10mJ
输入光斑	<2mm	<10mm
转换效率	20% ~ 50%	30% ~ 50%
脉冲展宽	<100fs	

二和四倍频器



型号	ATsG-O	ATsG-A
输入波长范围 *	780~1600nm	
输入允许带宽	50~100nm	
输入脉宽	>20fs	
输入功率	0.3 ~ 3W	<10W
输入能量	<2J	2J ~ 10mJ
输入光斑	<2mm	<8mm
	20% ~ 50% SH	30% ~ 50% SH
转换效率	3% ~ 8% FH	5% ~ 10% FH
脉冲展宽	<100fs SH, <1000fs FH	

二，三，四倍频器



型号	AMG-A
输入波长范围 *	780~1600nm
输入允许带宽	50~100nm
输入脉宽	>50fs
输入功率	<10W
输入能量	200μJ~10mJ
输入光斑	<8mm
转换效率	30%~50%SH, 5%~10%TH, 1%~10% FH
脉冲展宽	<100fs SH, <250fs TH, <1000fs FH

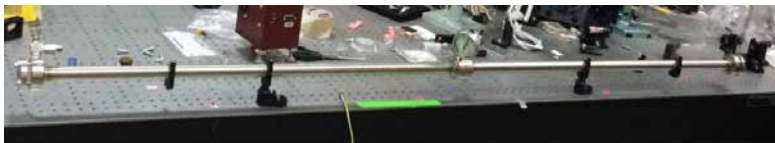
* 根据用户激光器选择光学组件

拉曼移频器

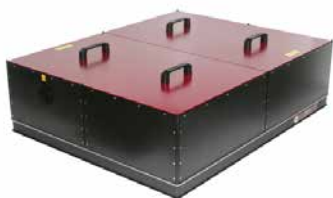
拉曼移频器通过气体或固体拉曼介质的拉曼效应，产生特殊波长的飞秒激光。

转换效率可达 30%，输入能量最高可达 100mJ。

输入激光	氢气拉曼管	甲烷 / 氘拉曼管	硝酸钡
800nm	1200nm	1050nm	870nm
1030nm	1890nm	1530nm	1180nm
1250nm	2600nm	1970nm	1430nm



太赫兹发生器

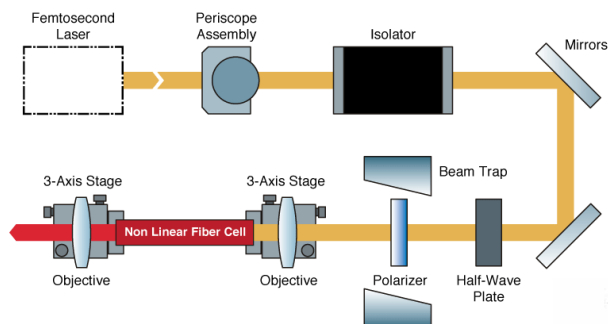


采用 MgO:LiNbO3 晶体光整流产生的太赫兹具备较大的单脉冲能量。

- >1μJ 脉冲能量
- 0.5 ~ 2.5THz 频谱
- <1ps THz 脉冲宽度
- 晶体制冷可适配更大能量泵浦
- 泵浦源要求 :780~820nm/ 50~500fs 变换极限 / 0.5 ~ 5mJ/ 10Hz ~ 10kHz

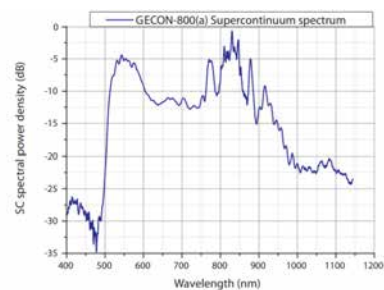
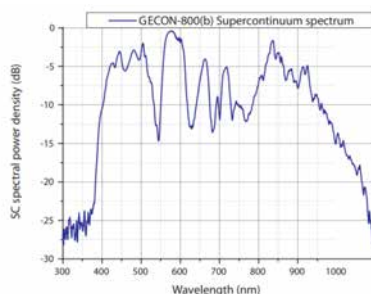
TERA-AX	
THz 输出能量	>1μJ*
光 - THz 转换效率	0.1%
THz 脉宽	0.5 - 1ps
THz 谱宽	0.5 - 2.5THz
THz 发散角	垂直 45 mrad , 水平 100 mrad
EO-AX 时域 THz 光谱仪	
分辨率	30GHz
时间量程	180ps

超连续谱发生器



超连续谱是超快激光经过非线性介质，因自位相调制等效应产生的宽谱相干辐射。

光谱范围 (-20dB)	500 ~ 950nm (GECON-800a), 380 ~ 1050nm (GECON-800B)
泵浦波长	800nm
最高泵浦峰值功率	125kW (500mW @ 50fs, 80MHz)

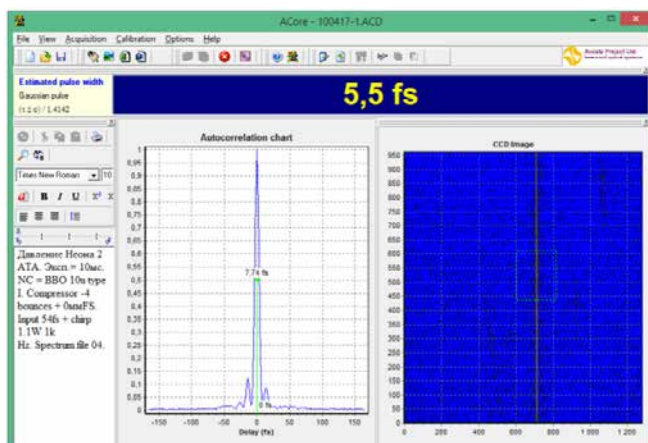


空心光纤脉冲压缩器



空心光纤脉冲压缩器通过空心光纤展宽超快激光频谱，然后经过啁啾镜进行色散补偿压缩。AVESTA COMPulse 压缩器可适配 800nm/ 1030nm 激光，最高 50% 能量转化效率，最大可输入 2mJ 能量，可实现 15:1 压缩比，输出脉冲可短至 6fs。

型号	输入能量	压缩比	转换效率	空间占用
ComPulse-800	1 - 2mJ	up to 7	25%	200cm×25cm
800nm, 30-40fs, <2W	0.1 - 0.3mJ	up to 7	40%	150cm×25cm
ComPulse-1030	50-200μJ	up to 10	40%	90cm×25cm
1030nm, 250-300fs	50-200μJ	up to 15	30%	120cm×25cm
<10W	200-400μJ	up to 10	40%	120cm×25cm



通过脉冲压缩器获得的 5.5fs 激光

色散补偿器

AVESTA APC 系列色散补偿器为双棱镜结构，可采用熔石英或燧石材料。APC kit FS 为分立式手动调节，APC Pro FS 为单机箱式，可选电动调节。



	APC kit FS	APC kit DF	APC Pro FS	APC Pro DF
Prism	Fused silica	Dense Flint	Fused Silica	Dense Flint
波长范围	700-900nm*			
GVD 补偿范围	13,000fs ²	30,000fs ²	+6,900 ~ -1,630fs ² **	+16,500 ~ -13,800fs ²
透过率	>90% @ 800nm			
光束口径	4mm			
尺寸	双单元, 165×180×129		410×324×186	
* 可选其它波长				
** 可设置为 +5700 ~ -2830fs ²				

激光测量

激光测量 ---78

1. 激光功率能量计 ---79

1.1.1 光电二极管功率探头 ---80

1.1 激光功率探头 ---80

1.1.2 低功率 (<150W) 热电堆激光功率探头 ---81

1.1.3 中功率 (150~500W) 热电堆激光功率探头 ---82

1.1.4 高功率 (<120kW) 热电堆激光功率探头 ---83

1.2.1 光电二极管激光能量探头 ---85

1.2.2 热释电能量计探头 ---85

1.2 激光能量计探头 ---85

1.3 激光功率 / 能量计表头 ---86

1.3.1 台式 / 手持表头 ---86

1.3.2 电脑转接器 ---87

1.3.3 功率能量测量软件 ---88

1.3.4 OEM 功率 / 能量探头 ---89

1.4 高功率工业在线激光功率计 ---91

1.5 激光脉冲测量 : 快速光电探头 ---92

2. 激光光束分析仪 ---93

2.1.1 硅基 CCD 相机 ---93

2.1 面阵式激光光束分析仪 ---93

2.1.2 镀磷光材料 CCD 相机 ---94

2.1.3 近红外 InGaAs 相机 ---95

2.1.4 热释电阵列相机 ---95

2.1.5 光束分析软件 ---96

2.1.6 光束分析仪附件 ---97

2.2 狭缝扫描光束分析仪 ---100

2.3 M^2 分析仪 ---101

2.3.1 M^2 测试简介 ---101

2.3.2 BeamSquared 全自动 M^2 分析仪 ---102

2.4 高功率激光在线光束分析仪 ---103

2.4.1 BeamWatch 非接触式大功率激光焦点分析仪 ---103

2.4.2 BeamWatch Integrated---103

2.4.3 BeamWatch® AM 增材制造专用激光焦点分析系统 ---104

2.4.4 BeamPeek 增材制造激光分析系统 ---104

2.5 高精度焦点分析仪 ---105

2.5.1 STD 型焦斑分析系统 ---105

2.5.2 02 型焦斑分析系统 ---106

2.5.3 激光采样衰减器 ---106

3. 波前位相测试 ---108

3.1 波前传感器 SID4---108

3.3 传递函数 (MTF) 测试系统 ---111

3.4. 动态干涉仪 ---112

3.5 自定义光学计量方案 ---113

3.6 定量位相成像 ---114

4.1 BRISTOL 激光波长计及频谱仪 ---115

4. 激光波长计及频谱仪 ---115

4.2 掌上式波长计、光谱仪 ---118

4.3 小型光栅光谱仪 ---120

4.4 掌上型光谱仪 ---121

5. 激光防护 ---122

激光测量

简介

无论是在激光器研发制造，科学研究，激光的工业、医疗和民用领域，对激光器的特性进行准确的测试测量的重要性都是不言而喻的。激光的测量工作贯穿激光器的研发、生产、使用环节：

激光器研发生产中的激光测量

- 研发过程评估，研发目标核对；
- 设计 / 工艺的优化；
- 出厂质检、参数测定、烤机；

科学研究中的激光测量

- 实验参数的设计与评估；
- 极端激光条件的获取与测量；
- 特殊光场的获取与测量；

激光工业应用

- 激光器合格检验；
- 激光处理过程中激光稳定性监控，激光失效判据及应对；
- 激光处理最佳参数配比的研究和测定；

医学、民用及计量质检

- 激光器人体及环境安全性评估；
- 医用激光器有效性评估，有效参数配比研究和测试，安全认证
- 激光器安全级别认证，检验检疫认证

通常而言，激光器的特性主要包括如下几个方面：

- 输出功率与能量特性：连续激光的输出功率，脉冲激光的平均功率、单脉冲能量；
- 激光器的光斑与传输特性：近 / 远场光强分布及光斑尺寸，发散角， M^2 ，波前位相等；
- 激光器的频域（波长）特性：中心波长，线宽或带宽，边模；
- （脉冲）激光器的时间特性：脉宽，重复频率，对比度等；
- 激光器的稳定性，如功率 / 能量抖动，噪声，以及其他参数随时间的稳定性。

先锋科技提供全方位的激光测量设备：

- 激光功率能量探头： $<1\text{pW} \sim 120,000\text{W}$ ， $\text{nJ} \sim 6,000\text{J}$
- 手持式、台式表头，电脑传输界面，一体式现场功率计
- 基于 CMOS/CCD (200~1100nm)、InGaAs 面阵相机 (800~1700nm)、热释电面阵相机（紫外、近红外 ~THz）的光斑分析仪
- 采用狭缝扫描的光斑分析仪；
- 全自动 M^2 测量仪；
- 激光波前位相测试仪；
- 光栅光谱仪、迈克尔逊和菲索式波长计 / 频谱仪；
- 激光防护玻璃、护目镜、防护帘。

本手册有助于您了解激光测量设备的特性和能力。为您的激光器或激光应用系统挑选一款合适的激光测量设备，您需要了解：

- 您需要测试的项目，如功率 / 平均功率或能量，光斑分布，光束传播特性，位相等；
- 哪些项目对于您的应用是至关重要的；
- 您激光器的输出特性：
 - 输出波长；
 - 输出功率特性：连续激光器的恒定功率；脉冲激光器的平均功率和单脉冲能量、重复频率；
 - 如果是脉冲激光器，脉宽的时间尺度：长脉冲（> 微秒）、纳秒、皮秒还是飞秒；
 - 激光出光口径；
 - 光斑的大致分布：是大致均匀还是有明显起伏；
 - 光束的传播特性：基本不发散（普通激光器）还是高发散（如未准直 LD、VCSEL、LED、光纤出光）；
 - 您测试的场所环境：如实验室、激光器生产线、激光加工产线、外场；
 - 您需要的一些其他特性，如是否需要自动化测试，是否需要远程读取等。

激光测量产品的型号、性能在持续更新中。除了本手册之外，您可访问本公司网站获取最新的信息。同时，我们提供非常方便的激光测量设备选型工具，您只需在网页上输入激光参数，系统就能智能地向您推荐合适的产品：

- 功率 / 能量探头查询器：<https://www.ophiropt.com/laser--measurement/cn/sensor-finder>
- 激光光束分析查询器：<https://www.ophiropt.com/laser--measurement/beam-profiler-finder>

当然，任何时候都欢迎您和我们联系，经验丰富的专业人员将为您提供周到的、准确的服务。

1. 激光功率能量计

激光功率能量测量的主要设备是激光功率能量计。激光辐照到探头后，其辐射功率转换成电信号，经过数字化后由表头读出，或传输至电脑由软件读出 / 存储。探头所用的光电探测器一般分为热电堆、热释电晶体、半导体光电二极管等几种类型：

探头类型	工作原理	适用工作场景	特点
热电堆	吸收体吸收热量后的热流传导形成温度场，由热电偶将温度分布转换成电流	连续激光功率测量 重复脉冲激光平均功率测量 单脉冲能量测量	可选多种吸收体适应不同特性的激光 通常具备较为平坦的光谱响应
热释电	吸收体吸收能量后传递给热释电晶体，热释电晶体受热形变产生电荷脉冲	单脉冲 / 重复脉冲能量测量	可选多种吸收体 不能测试连续激光
光电管	半导体光电效应	低功率 / 低能量 可设计为功率探头或能量探头	响应范围取决于探测器材料 光谱响应起伏较大

选择功率能量探头需要根据激光的波长、待测功率 / 能量、光束口径等，筛选合适的探头。除了功能、量程、灵敏度和准确度以外，探头损伤阈值的考量也非常重要。

以色列 OPHIR 公司具备超过 40 年的激光功率能量研发制造经验，拥有热电堆探头、热释电探头、光电管探头全线研发制造能力。自行开发的多种吸收材料、吸收体可各种类型激光器不同的波长、功率 / 能量范围、脉冲宽度等多样化需求。

OPHIR 公司具备全套专业的校准能力。所有的探头校准都采用可溯源 NIST 的标准功率激光器或标准探头。除了针对探头在各个波长进行校准外，功率能量探头的设计还有很多复杂而精巧的考量，例如探头表面不同位置响应的不一致性、脉冲频率对热释电探头响应的影响、脉冲宽度 / 平均功率对能量损伤阈值的影响OPHIR 借助丰富的经验，在研发设计中充分考量这些因素，并在校准时予以完全、准确定量计量，确保用户能获得完整的计量准确性。

功率能量探头产生的电信号需要进行数字化、显示及存储。OPHIR 提供手持式、台式等可阅读的表头以及用于与电脑直接连接的有线、无线转换器。大多数手持 / 台式表头也支持电脑连接。每个单独的探头的独有数据都存储在探头中，这样任何一个表头可以和任何一个探头连接，自动匹配。

1.1 激光功率探头

激光功率探头是指主要用于连续激光器功率或重复输出脉冲激光器的平均功率测量的探头。主要包括光电二极管探头和热电堆探头，其中热电堆探头还可以测量单发激光脉冲的能量。

光电二极管探头具备较高灵敏度，可以测量弱小的激光功率；且体积轻便小巧，响应速度快。光电二极管响应波长有确定范围，而且光谱响应起伏较大，因此需要针对多个波长进行校准。特定设计的一些型号可测量宽光谱光源的功率，例如结合人眼响应的光度测量、宽光谱的 LED/ UVLED 测量等。

热电堆探头通常具备很宽的光谱响应范围，多数吸收膜都具有相对平坦的光谱响应。除根据激光特性确定不同的口径、量程、散热方式外，热电堆探头的吸收材质和吸收体形状对其性能有很大影响，通过不同的吸收体配置，可实现高平均功率损伤阈值、高短脉冲损伤阈值、高长脉冲损伤阈值、快速响应、宽谱平坦响应等等。OPHIR 提供不同功率级别、不同特性的探头满足多样化需求。

1.1.1 光电二极管功率探头

特点：

- 可支持 pW ~ W 量级功率测量
- 光纤适配器选项，方便光纤输入
- 纤细超薄设计，旋转支架，方便安放
- 专利技术自动消除背景噪声，测量精度高
- 高灵敏度探头最低可测 10pW
- 响应波段覆盖紫外、可见和红外（200-1800nm）
- 宽谱线平坦响应光电探头，适合宽光谱光源功率测量
- CIE 曲线矫正探头，量化测量人眼主观感受
- 积分球探测器，适合大发散角光束测量
- 专为条形码扫描光源设计探头，适合快速扫描光源测量

1) 标准光电二极管功率探头

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围
PD300	自动背景光扣除	10×10mm	350-1100nm	500pW-300mW
PD300-1W	自动背景光扣除光	10×10mm	350-1100nm	500pW-1W
PD300-3W	电二极管高功率探头	10×10mm	350-1100nm	5nW-3W
PD300-TP	4mm 薄片探头	10×10mm	350-1100nm	50pW-1W
PD300-UV	宽波长范围且噪声低	10×10mm	200-1100nm	20pW-300mW
PD300-UV-193	增加 193nm 校准	10×10mm	193-1100nm	20pW-300mW



2) 圆形光电二极管探头

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围
PD300R	自动背景光扣除，圆形探测口径	Φ10mm	350-1100nm	500pW-300mW
PD300R-3W	光电二极管高功率探头，圆形探测口径	Φ10mm	350-1100nm	5nW-3W
PD300-IR	红外	Φ5mm	700-1800nm	5nW-300mW
PD300-IRG	红外，低噪声	Φ5mm	800-1700nm	10pW-150mW
PD300R-UV	宽波长范围且噪声低，圆形探测口径	Φ10mm	200-1100nm	20pW-300mW
PD300R-IR	红外, Germanium 探测器，圆形探测口径	Φ5mm	700-1800nm	5nW-300mW



3) 特殊的光电二极管探头

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围
FPS-1	1.5ns 响应时间，测量脉冲形状	Φ1.02mm	193-1100nm	<8mW
PD300-BB	430-1000nm 内光谱响应平滑	10×10mm	430-1000nm	50pW-4mW
PD300-MS	显微镜载玻片厚度超薄探测器	18×18mm	350-1100nm	3uW to 1W
PD300-BB-50mW	430-1000nm 内光谱响应平滑	10×10mm	430-1000nm	50pW-50mW
PD300-CIE	模拟人眼响应曲线，单位 Lux	2.4×2.8mm	400-700nm	20mLux -200kLux
BC20	用于扫描光束，速度可达 30000inch/s	10×10mm	400-1100nm	100uW-20mW

4). 积分球探头

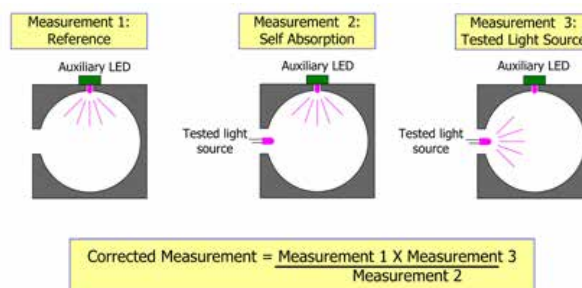
Ophir 可提供多种尺寸规格的积分球和探测器，用于测量大发散角光源。

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围
IS-1-2W	2W 积分球探头 光补偿 降低测量误差	Φ 5mm	220-1100nm	500nW-2W
3A-IS	3W 积分球探头 光补偿 降低测量误差	Φ 12mm	350-1100nm	1uW-3W
3A-IS-IRG	红外 3W 积分球探头 用于发散激光	Φ 12mm	800-1700nm	1uW-3W
IS1.5-VIS-FPD-800	同时测 VESEL 的功率和脉冲宽度	Φ 20mm	400-1100nm	400nW-4W
IS1.5-IRG-FPD-800	同时测 VESEL 的功率和脉冲宽度	Φ 20mm	940-1640nm	600nW-3W
IS6-C-UV	大尺寸积分球 紫外准直激光	Φ 25mm	200-1100nm	300nW-1W
IS6-C-VIS	大尺寸积分球 可见光准直激光	Φ 25mm	400-1100nm	20uW-30W
IS6-C-IR	大尺寸积分球 红外准直激光	Φ 25mm	700-1800nm	20uW-30W
IS6-C-UV-2.5	大口径, 大尺寸积分球 紫外准直激光	Φ 63.5mm	200-1100nm	300nW-2W
IS6-C-IR	大尺寸积分球 红外准直激光	Φ 25mm	200-1100nm	20uW-30W
IS6-D-UV	大尺寸积分球 紫外发散激光	Φ 26mm	200-1100nm	300nW-1W
IS6-D-VIS	大尺寸积分球 可见光发散激光	Φ 26mm	400-1100nm	20uW-30W
IS6-D-IR	大尺寸积分球 红外发散激光	Φ 26mm	700-1800nm	20uW-30W
IS6-D-IR-170	红外超大发散光束 (最高 170°)	Φ 8mm	700-1800nm	20uW-30W



5) LED 测量产品

紫外、可见、红外 LED 光源正在取代传统光源，受到人类日益重视。Ophir 公司提供校准过的多种功率计型号，可以测量 LED 光源的功率值大小、辐射强度等参数；独有的光补偿器件，可以降低在测量 LED 发散光源过程中因为光逸出造成的测量偏差。



产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围
3A-IS (AUX-LED)	3W 积分球探头 (光补偿降低测量误差)	Φ 12mm	350-1100nm	1uW-3W
3A	高灵敏探头	Φ 9.5mm	0.19-20m	10uW-3W
PD300-UV	宽波长范围且噪声低	10×10mm	200-1100nm	20pW-300mW
PD300R-UV	宽波长范围且噪声低, 圆形探测口径	Φ 10mm	200-1100nm	20pW-300mW
PD300RM-UV	LED 辐照度探头紫外低功率	Φ 8mm	200-850nm	100nW/cm ² - 250mW/cm ²
PD300RM-8W	LED 辐照度探头最大辐照度 8W/cm ²	Φ 8mm	350-850nm	1uW/cm ² - 8W/cm ²
PD300RM-UVA	LED 辐照度探头最大辐照度 15W/cm ²	Φ 2.75mm	350-450nm	1.5uW/cm ² - 15W/cm ²

1.1.2 低功率 (<150W) 热电堆激光功率探头



- 高灵敏度探头
- 传导制冷
- 低噪声, 噪声水平 2uW、低漂移 (2-10uW)
- 宽带 (0.19-20μm) 吸收膜层, 响应谱线平坦, 适合 CW 测量
- 特殊的热电偶结构快速响应时间, 最快可达 0.8s
- 多种吸收膜层选择适合连续、短脉冲、高能量密度和高能量密度

- 度
- 功率范围 300fW 到 150W
- 最大 50W 连续测量, 150W 间断测量
- 能量范围 (15μJ 到 200J)
- 校准 THz 波段, 适合太赫兹功率能量测量
- 可用于单发脉冲能量测量
- 提供光纤适配器、BNC 模拟输出等附件

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围	能量范围
RM9	热释电低功率探头	Φ8mm	0.15-12μm	100nW-100mW	
RM9-PD	硅基低功率探头	Φ10mm	0.2-1.1μm	300fW-300nW	
2A-BB-9	2W 高灵敏探头	Φ9.5mm	0.19-20μm	20uW-2W	20μJ-2J
3A	3W 高灵敏探头	Φ9.5mm	0.19-20μm	10uW-3W	20μJ-2J
3A-P	高灵敏探头，适用于短脉冲激光	Φ12mm	0.15-8μm	15uW-3W	20μJ-2J
3A-PF-12	适用于短脉冲以及紫外激光	Φ12mm	0.15-20μm	15uW-3W	20μJ-2J
3A-FS	高灵敏探头，石英光窗	Φ9.5mm	0.19-20μm	8uW-3W	15μJ-2J
3A-P-THz	THz 激光功率计探头	Φ12mm	0.1-30THz	15uW-3W	20μJ-2J
3A-P-FS-12	大发散角激光，屏蔽红外干扰	Φ12mm	0.22-2.1μm	15uW-3W	20μJ-2J
10A-BB-16	10W 高灵敏探头，宽动态范围	Φ16mm	0.19-11μm	10mW-10W	6mJ-2J
10A-P	适用于短脉冲激光	Φ16mm	0.15-8μm	40mW-10W	10mJ-10J
12A	12W 高灵敏探头，宽动态范围	Φ16mm	0.19-20μm	2mW-12W	1mJ-30J
12A-P	适用于短脉冲激光	Φ16mm	0.15-8μm	2mW-12W	1mJ-30J
30A-BB-18	30W 通用探头	Φ17.5mm	0.19-11μm	10mW-30W	6mJ-30J
30A-P-17	适用于短脉冲激光	Φ17mm	0.15-8μm	60mW-30W	40mJ-30J
30A-N-18	专用于 YAG 激光	Φ17.5mm	532,1064nm	60mW-30W	30mJ-200J
L30A-BB-26-10MM	超薄 30W 探头	Φ26mm	0.19-11μm	80mW-30W	20mJ-60J
L30A-EX-10MM	准分子激光，超薄 30W 探头	Φ26mm	0.15-0.7μm, 10.6μm	80mW-30W	20mJ-30J
50(150)A-BB-26	50W 连续测量，150W 间断测量	Φ26mm	0.19-11μm	40mW-150W	20mJ-100J
15(50)A-PF-DIF-18	15W 连续测量，50W 间断测量	Φ17.5mm	0.24-2.2μm	140mW-50W	60mJ-200J
50A-PF-DIF-18	高能量密度脉冲激光	Φ17.5mm	0.24-2.2μm	140mW-50W	60mJ-200J

1.1.3 中功率（150~500W）热电堆激光功率探头



- 传导冷却
- 高灵敏度 :30 mW-300 W;
- 波长响应范围 :0.15-20 μm;
- 连续测量高达 50W，间断测量可达 150W
- 多种吸收膜层选择适合连续、短脉冲、高能量密度和高能量密度
- 可用于单发脉冲能量测量，还提供美容 IPL 光专用测试探头;
- 提供光纤适配器、BNC 模拟输出等附件;
- 特殊目的的膜层设计，适合高功率、高能量密度以及聚焦光束测量、长脉冲、准分子激光能量测量等
- 光纤适配附件

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围	能量范围
F80(120)A-CM-17	高重频脉冲激光的功率监控	Φ17.5mm	0.248-9.4μm	100mW-120W	50mJ-200J
F150(200)A-CM-16	高重频脉冲激光的功率监控	Φ16mm	0.248-9.4μm	300mW-200W	50mJ-200J
30(150)A-BB-18	30W 连续测量，150W 间断测量	Φ17.5mm	0.19-11μm	30mW-150W	20mJ-100J
30(150)A-LP2-18	长脉冲及连续激光高损伤阈值	Φ17.5mm	0.25-2.2μm	30mW-150W	20mJ-300J
30(150)A-HE-17	30W 连续测量，150W 间断测量，高平均功率调 Q YAG 激光	Φ17mm	0.19-0.625μm, 1.064μm, 2.1μm, 2.94μm	50mW-150W	60mJ-200J
30(150)A-HE-DIF-17	30W 连续测量，150W 间断测量; 用于超高损伤阈值调 Q YAG 激光		0.19-3μm, (625-900nm 除外)	50mW-150W	60mJ-200J
30(150)A-SV-17	超高损伤阈值，适用于聚焦激光	Φ17mm	0.19-11μm	100mW-150W	50mJ-300J
L50(150)A-BB-35	35mm 口径，50W 连续测量	Φ35mm	0.19-11μm	100mW-150W	40mJ-300J
L50(150)A-LP2-35	35mm 口径，长脉冲及连续激光高损伤阈值	Φ35mm	0.25-2.2μm	100mW-150W	40mJ-3000J
L50(150)A-PF-35	35mm 口径，短脉冲激光高损伤阈值	Φ35mm	0.15-20μm	100mW-150W	50mJ-300J
L40(500)A-LP2-DIF-35	40W 连续测量，35mm 口径，长脉冲带散射器	Φ35mm	0.44-2.2μm	300mW-500W	100mJ - 2000J
L40(250)A-BB-50	40W 连续测量，250W 间断测量	Φ50mm	0.19-11μm	300mW-250W	100mJ-4000J
L40(250)A-LP2-50	50mm 口径长脉冲及连续激光高损伤阈值	Φ50mm	0.25-2.2μm, 2.94μm	300mW-150W	100mJ - 10000J
L40(200)A-EX-50	准分子激光器	Φ50mm	0.15-0.7μm, 10.6μm	300mW-200W	100mJ - 200J
L50(250)A-BB-50	50mm 口径，50W 连续测量，	Φ50mm	0.19-11μm	300mW-250W	100mJ-4000J
L50(300)A-BB-65	65mm 大口径探头	Φ65mm	0.19-11μm	400mW-300W	200mJ-300J
L50(300)A-LP2-65	65mm 口径长脉冲及连续激光高损伤阈值	Φ65mm	0.25-2.2μm	400mW-300W	200mJ-1000J
L50(300)A-PF-65	65mm 口径短脉冲激光高损伤阈值	Φ65mm	0.15-20μm	400mW-300W	200mJ-300J
L50(300)A-IPL	IPL 光测试	Φ65mm	0.5-1.3μm	400mW-300W	120mJ-1000J
L40(150)A-IPL	测试凝胶耦合 IPL 光单发能量	22x22mm	0.5-1.3μm	NA	100mJ-2000J
L100(500)A-PF-120	120mm 超大口径探头，短脉冲	Φ120mm	0.15-20μm	1W-500W	6J-6000J

1.1.4 高功率 (<120kW) 热电堆激光功率探头

- 高灵敏度 :50 mW-120kW;
 - 波长响应范围 :0.15-20 μm ;
 - 制冷方式 : 风扇, 水冷;
 - 可用于单发脉冲能量测量, 还提供美容 IPL 光专用测试探头;
 - 提供光纤适配器、BNC 模拟输出等附件;
- 按功率大小分为四组 :
 - 1) 50 mW—1100 W 风扇制冷系列热电堆功率计探头;
 - 2) 1 W—1500 W 水冷系列热电堆功率计探头;
 - 3) 20 W—120K W 水冷系列热电堆功率计探头 (百万瓦功率计探头!)

1) 千瓦级风冷热电堆功率探头



- 高损伤阈值
- 风扇制冷
- 高损伤阈值
- 响应谱线: 0.19-20 μm
- 高达 250W 连续测量、500W 间歇测量
- 最快响应时间 1.5s
- 孔径从 17.5mm 到 35mm 以及 50mm、65mm
- 多种吸收膜层适合短脉冲、长脉冲、高能量和高功率密度的不同激光测量

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围	能量范围
F50A-BB-18	高稳定风冷 50W 探头	$\Phi 17.5\text{mm}$	0.19-11 μm	10mW-50W	6mJ-50J
F100A-PF-DIF-33	短脉宽激光风冷探头	$\Phi 33\text{mm}$	0.24-2.2 μm	50mW-100W	60mJ-200J
F150A-BB-26	风冷 150W 探头	$\Phi 26\text{mm}$	0.19-11 μm	50mW-150W	20mJ-100J
FL250A-BB-35	风冷 250W 探头	$\Phi 35\text{mm}$	0.19-20 μm	150mW-250W	50mJ-300J
FL250A-LP2-35	长脉冲及连续激光高损伤阈值	$\Phi 35\text{mm}$	0.25-2.2 μm	100mW-250W	50mJ-300J
FL250A-LP2-DIF-33	连续及长脉冲激光高损伤阈值	$\Phi 33\text{mm}$	0.4-3 μm	400mW-250W	400mJ-600J
FL250A-BB-50	风冷 250W 大口径探头	$\Phi 50\text{mm}$	0.19-11 μm	150mW-250W	80mJ-300J
FL400A-BB-50	风冷 500W 探头	$\Phi 50\text{mm}$	0.19-20 μm	300mW-500W	75mJ-600J
FL400A-LP2-50	连续及长脉冲激光高损伤阈值	$\Phi 50\text{mm}$	0.35-2.2 μm 10.6 μm	100mW-500W	250mJ-600J
FL600A-BB-65	风冷 600W 探头	$\Phi 65\text{mm}$	0.19-11 μm	5W-600W	600mJ-600J
FL600A-LP2-65	长脉冲及连续激光高损伤阈值	$\Phi 65\text{mm}$	0.35-2.2 μm	5W-600W	600mJ-600J
FL1100A-BB-65	风冷 1100W 探头	$\Phi 65\text{mm}$	0.19-11 μm	5W-1100W	600mJ-600J
FL1100A-LP2-65	长脉冲及连续激光高损伤阈值	$\Phi 65\text{mm}$	0.35-2.2 μm	5W-1100W	600mJ-1000J

2) 千瓦级水冷热电堆功率探头



- 水冷
- 大口径设计
- 谱线响应范围 :0.19-20 μm
- 高损伤阈值最大可达 39kW/cm²
- 最快响应时间 2.5s
- 高功率密度、长脉冲连续测量
- 功率测量范围: 0.5W-2000W
- 单发脉冲测量 120mJ-200J
- 超薄设计便于狭窄空间测量及系统集成
- 多波长校准

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围	能量范围
L250W-BB-50	水冷, 超薄 250W 探头	$\Phi 50\text{mm}$	0.19-11 μm	1W-250W	120mJ-200J
L300W-LP2-50	水冷, 超薄 300W 探头	$\Phi 50\text{mm}$	0.35-2.2 μm , 10.6 μm	0.5W-300W	200mJ-300J
1000W-BB-34	水冷 1000W 探头	$\Phi 34\text{mm}$	0.19-20 μm	5W-1000W	400mJ-300J
1000WP-BB-34	无污染水冷 1000W 探头	$\Phi 34\text{mm}$	0.19-20 μm	5W-1000W	400mJ-300J
1000W-LP2-34	长脉冲及连续激光高损伤阈值	$\Phi 34\text{mm}$	0.35-2.2 μm	5W-1000W	400mJ-300J
L1500W-BB-50	水冷 1500W 探头	$\Phi 50\text{mm}$	0.19-20 μm	15W-1500W	500mJ-200J
L1500W-LP2-50	高损伤阈值	$\Phi 50\text{mm}$	0.35-2.2 μm	15W-1500W	500mJ-200J
L2000W-BB-120	120mm 大口径 2000W 探头	$\Phi 120\text{mm}$	0.19-20 μm	1W-2000W	6J-6000J
L2000W-PF-120	120mm 大口径 2000W 短脉冲	$\Phi 120\text{mm}$	0.3-2.2 μm	1W-2000W	6J-6000J

3) 十千瓦级水冷热电堆功率探头



- 水冷
- 超高功率设计，可到 120kW
- 高损伤阈值
- 光谱响应范围 :0.19-20 μ m
- 功率测量范围 :20W-120kW
- 多波长校准

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围
5000W-BB-50	水冷 5000W 探头	Φ 50mm	0.19-11 μ m	20W-5000W
5000W-LP2-50	水冷 5000W 高损伤阈值	Φ 50mm	0.35-2.2 μ m	20W-5000W
5000WP-LP2-50	无污染水冷，高损伤阈值	Φ 50mm	0.35-2.2 μ m	20W-5000W
6K-W-BB-200x200	大面积方形水冷 6000W 探头	198 $\times$ 198mm	0.19-20 μ m	200W-6000W
10K-W-BB-45	高损伤阈值水冷 10kW 探头	Φ 45mm	0.8-2 μ m, 10.6 μ m	100W-11kW
15K-W-BB-45	高损伤阈值水冷 15kW 探头	Φ 45mm	0.8-2 μ m, 10.6 μ m	100W-15kW
20K-W-BB-55	高损伤阈值水冷 20kW 探头	Φ 55mm	0.8-2 μ m, 10.6 μ m	100W-20kW
30K-W-BB-74	高损伤阈值水冷 30kW 探头	Φ 74mm	0.8-2 μ m	100W-30kW
70K-W	新品水冷 70kW 探头	Φ 130mm	0.8-10.6 μ m	2kW-70kW
120K-W	水冷 120kW 探头	Φ 200mm	0.9-1.1 μ m	10kW-120kW
150K-W	水冷 150kW 探头	Φ 200mm	0.9-1.1 μ m	10kW-150kW

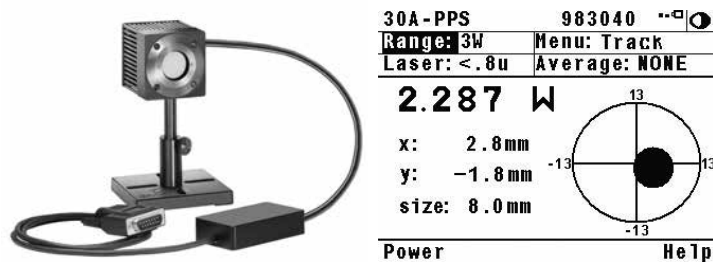
4) 千瓦 - 万瓦手持式热电堆功率计——操作方便，精度高（5%），适合工业生产使用。



- 光谱响应范围 :0.19-20 μ m
- 高功率探针
- 适合短时间测量
- 高性价比
- 表头、探头一体化设计
- 高达 10kW 的功率测量
- 高能量，大孔径测量

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围
Comet 1K	手持式，经济型，1kW 功率计	Φ 50mm	0.2-20 μ m	20W-1000W
Comet 10K	手持式，经济型，10kW 功率计	Φ 100mm	0.98-1.07 μ m and 10.6 μ m	200W-10,000W
Comet 10K-HD	手持式，高损伤阈值，10kW 功率计	Φ 55mm	0.98-1.07 μ m and 10.6 μ m	200W-10,000W

5) BeamTrack 功率 + 光斑探头



- 可以测量激光的功率，单发脉冲能量，可以测量激光光束位置和光斑尺寸。
- 位置测量的精度可达 0.1 mm
- 尺寸测量的精度可达 +/-5%
- 对激光光束位置的测量对激光准直，调光路有重要意义，
- BeamTrack 系列探头能提供位置反馈，便于操控激光的方位。
- Vega, Nova II, StarLite 表头和 Juno 连接器支持
- 测量界面可同时得到功率、位置和尺寸信息

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围
3A-QUAD	可测：功率，能量，位置	Φ =9.5 mm	0.19-20 μ m	100 uW-3 W
3A-P-QUAD	功率，能量，位置	Φ =12 mm	0.15-8 μ m	160 uW-3 W
10A-BB-26-PPS	功率，能量，位置，尺寸	Φ =16 mm	0.19-20 μ m	20 mW-10 W
50(150)A-BB-26-QUAD	功率，能量，位置	Φ =26 mm	0.19-20 μ m	40 mW-150 W
50(150)A-BB-26-PPS	功率，能量，位置，尺寸	Φ =26 mm	0.19-20 μ m	40 mW-150 W
F150A-BB-26-PPS	功率，能量，位置，尺寸	Φ =26 mm	0.19-20 μ m	50 mW-150 W
FL250A-BB-50-PPS	功率，能量，位置，尺寸	Φ =50 mm	0.19-20 μ m	150 mW-250 W
1000W-BB-34-QUAD	功率，能量，位置	Φ =34 mm	0.19-20 μ m	5W-1000W

1.2 激光能量计探头

激光能量探头是指能够“分辨”并测试重复输出的脉冲激光的脉冲能量的探头。在一定的重复频率范围内，这种探头能够针对每一个光脉冲输出一个电信号，并由表头或者电脑读取、存储。能量探头通常用在需要逐个测量每个脉冲的能量及分析脉冲-脉冲能量稳定性的场合。光电二极管具备快速响应，故可以设计成能量探头，适合弱能量脉冲光测量；热释电探头的响应本身是脉冲式的，因此广泛应用在中高能量测量。与热电堆探头类似，热释电探头也具备不同的吸收材料和吸收体，适应各种特性的激光。

1.2.1 光电二极管激光能量探头



- 高灵敏光电硅、锗探测器
- 最快测量频率 20kHz
- 最低测量能量 10pJ
- 宽谱线相应范围 0.19-1.8 μ m
- 提供激光分光镜片
- ST\FC\SMA\SC 适配器可选

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	能量范围	最大频率
PD10-C	nJ 级硅光电探头	Φ 10mm	0.19-1.1 μ m	1nJ-20 μ J	20kHz
PD10-IR-C	pJ 级锗光电探头	Φ 5mm	0.7-1.8 μ m	1nJ-600nJ	10kHz
PD10-pJ-C	pJ 级硅光电探头	Φ 10mm	0.2-1.1 μ m	10pJ-200nJ	20kHz
PD10-IR-pJ-C	pJ 级锗光电探头	Φ 5mm	0.7-1.8 μ m	30pJ-20nJ	10kHz

1.2.2 热释电能量计探头



- 多款热释电探头
- 可测重频高达 25kHz
- 测量能量范围 2 μ J-40J
- 可测脉冲宽度高达 20ms
- 高重频金属镀膜
- 高损伤阈值 BF 膜层
- 可移除的 Diffuser 拓展测量范围
- 近红外、大口径测量专用探头
- 提供激光分光镜片、光纤适配器等附件

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	能量范围	最大频率
PE9-C	25kHz 快速响应探头	Φ 8mm	0.15-12 μ m	0.2 μ J-1mJ	25,000Hz
PE9-ES-C	25kHz 快速相应探头	Φ 8mm	0.15-12 μ m	0.1 μ J-200 μ J	20,000Hz
PE10-C	热释电高灵敏能量探头	Φ 12mm	0.15-12 μ m	1 μ J-10mJ	25,000Hz
PE10BF-C	高损伤阈值能量探头	Φ 12mm	0.15-3 μ m, 10.6 μ m	7 μ J-10mJ	250Hz
PE25-C	中等口径探头	Φ 24mm	0.15-3 μ m	8 μ J-10J	10,000Hz
PE25BF-C	高损伤阈值探头	Φ 24mm	0.15-3 μ m, 10.6 μ m	60 μ J-10J	250Hz
PE25BF-DIF-C	高能量密度激光测试	Φ 20mm	0.335-2.2 μ m	100 μ J-10J	250Hz
PE50-C	高重复频率，大口径探头	Φ 46mm	0.15-3 μ m	10 μ J-10J	10,000Hz
PE50BF-C	大口径，高损伤阈值探头	Φ 46mm	0.15-3 μ m, 10.6 μ m	120 μ J-10J	250Hz
PE50-DIF-C	高重复频率，高损伤阈值	Φ 35mm	0.355-2.2 μ m, 2.94 μ m	20 μ J-10J	10,000Hz
PE50-DIFH2-C	高重复频率，更高损伤或值	Φ 35mm	0.355-2.2 μ m, 2.94 μ m	100 μ J-10J	10,000Hz
PE50-UV-DIFH-C	高重频，更高损伤或值，紫外校准	Φ 35mm	0.19-0.355 μ m	100 μ J-10J	10,000Hz
PE50BF-DIF-C	高损伤阈值	Φ 35mm	0.355-2.2 μ m, 2.94 μ m	200 μ J-10J	250Hz
PE50BF-DIFH2-C	超高损伤阈值可拆卸 diffuser	Φ 35mm	0.355-2.2 μ m, 2.94 μ m	200 μ J-10J	250Hz
PE50BF-UV-DIFH-C	超高损伤阈值，紫外校准	Φ 35mm	0.19-0.355 μ m	200 μ J-10J	250Hz
PE50BB-DIF-C	高损伤阈值，宽光谱范围，可拆卸 diffuser	Φ 46mm Φ 33mm (with DIF)	"0.19-20 μ m; 0.4-2.5 μ m with DIF"	100 μ J-40J	40Hz
PE50DIF-ER-C	掺钕激光优化款	Φ 46mm Φ 33mm (with DIF)	"0.19-3 μ m; 0.4-3 μ m with DIF"	10 μ J-30J	10,000Hz
PE100BF-DIF-C	超大口径，高损伤阈值	Φ 96mm Φ 85mm (with DIF)	"0.15-3 μ m; 0.4-3 μ m with DIF"	400 μ J-40J	200Hz
FPE80-BF-DIF-C	大口径，高损伤阈值，高平均功率	Φ 53mm	0.355-2.2 μ m, 2.94 μ m	1mJ-40J	250Hz
PE80-BF-DIF-C	大口径，高损伤阈值，高功率密度	Φ 67mm	0.35-2.2 μ m, 2.94 μ m	4mJ-40J	250Hz

1.3 激光功率 / 能量计表头

Ophir 公司除了可以提供最全面的激光功率 / 能量计探头外，亦可提供最全面的激光功率 / 能量计表头，每一个表头都是通用型：可连接 Ophir 公司所有的功率 / 能量计探头。

1.3.1 台式 / 手持表头

Centauri ——功能最强大的智能手持式激光功率能量计表头



- 可与所有 Ophir 公司的热电堆，BeamTrack，热释电和光电二极管探头联用；
- 高亮彩色 7 英寸大触屏；
- 包含单通道和双通道两种型号
- 限值设定及超限报警
- 背光按键，便于在暗室内操作
- 支持 USB 移动存储设备直接插拔，更大程度提供数据存储量
- 与热释电探头联用时，记录数据速度达 25,000Hz
- 支持以太网网传输接口
- 内置 USB 和 RS232 接口与计算机通讯，便于 StaLab，StarCom PC 应用；可以使用 LabVIEW，COM Object 和 ActiveX 软件操作

StarBright ——功能最强大，彩色显示手持式激光功率能量计表头



- 可与所有 Ophir 公司的热电堆，BeamTrack，热释电和光电二极管探头联用；
- 高亮彩色大尺寸 TFT 320×240 显示屏；
- 便携舒适的手持设计，二阶高度调整支架；
- 数字或模拟指针显示；
- 背光按键，便于在暗室内操作；
- 模拟输出；
- 与热释电探头联用时，记录数据速度达 5,000Hz；
- 外接 USB 闪存驱动器存储数据
- 内置 USB 和 RS232 接口与计算机通讯，便于 StaLab，StarCom PC 应用；可以使用 LabVIEW，COM Object 和 ActiveX 软件操作。

VEGA ——功能最全，彩色显示手持式激光功率能量计表头



- 可与所有 Ophir 公司的热电堆，BeamTrack，热释电和光电二极管探头联用
- 高亮彩色大尺寸 TFT 320×240 显示屏
- 便携舒适的手持设计，二阶高度调整支架
- 数字或模拟指针显示
- 背光按键，便于在暗室内操作
- 模拟输出
- 与热释电探头联用时，记录数据速度达 4,000Hz
- 可存储 250,000 个数据
- 内置 USB 和 RS232 接口与计算机通讯，便于 StaLab，StarCom PC 应用；可以使用 LabVIEW，COM Object 和 ActiveX 软件操作。

Nova II ——手持式多功能激光功率能量表



- 可与所有 Ophir 公司的热电堆，BeamTrack，热释电和光电二极管探头联用
- 高分辨大尺寸 LCD 320×240 显示屏
- 两个位置调整支架
- 数字或模拟指针显示
- 背光显示，可更换电池
- 模拟输出
- 与热释电探头联用时，记录数据速度达 4,000Hz
- 可存储 59,400 个数据
- 内置 USB 和 RS232 接口与计算机通讯，便于 StaLab，StarCom PC 应用；可以使用 LabVIEW，COM Object 和 ActiveX 软件操作。

Laserstar ——多功能激光功率 / 能量表



- 两种款式可选：单 / 双通道；单通道可以升级为双通道
- 可与所有 Ophir 公司的热电堆，BeamTrack，热释电，光电二极管，RP 探头联用
- 大尺寸 LCD 显示屏
- 显示图表和统计 (std dev,min,max)
- 背光显示，可更换电池
- 模拟输出
- 内置 RS232 接口
- 与热释电探头联用时，记录数据速度达 > 1500Hz
- 可存储 59,400 个数据
- RS232 接口与计算机通讯，便 StarCom PC 应用；可以使用 LabVIEW，软件操作；
- GPIB (可选)

StarLite ——经济型激光功率能量表头



- 可与所有 Ophir 公司的热电堆，BeamTrack，PE-C，热释电和光电二极管探头联用
- 高亮大尺寸 TFT 320×240 显示屏
- 便携舒适的手持设计，优化调整支架
- 数字或模拟指针显示
- 背光，可更换电池
- 模拟输出
- 功率平均功能
- 可更改显示图表尺度
- EMI 抗电磁干扰

1.3.2 电脑转接器

电脑转接器识别、连接探头，并负责探头与台式电脑、掌上电脑之间的通讯。



Juno——微型 USB 电脑连接器

- 使探头与电脑相连，无需外置电源；
- 可与所有 Ophir 公司的热电堆，BeamTrack，热释电和光电二极管探头联用；
- 与 BeamTrack 探头联用，可进行光斑位置和光斑尺寸测量；
- 与热释电探头联用时，记录数据速度达 10kHz；
- 便于 StarLab 应用，对功率，能量数据进行数据平均，统计处理，柱状图显示；

Juno+



- 微型 USB 电脑连接器
- 使探头与电脑相连，无需外置电源；
- 可与所有 Ophir 公司的热电堆，BeamTrack，热释电和光电二极管探头联用；
- 与 BeamTrack 探头联用，可进行光斑位置和光斑尺寸测量；
- 与热释电探头联用时，记录数据速度达 10kHz；
- 便于 StarLab 应用，对功率，能量数据进行数据平均，统计处理，柱状图显示；
- 以使用 LabVIEW，COM Object 软件接口。
- 支持模拟电压输出



Quasar——无线蓝牙激光功率能量表头

- 连接功率能量计探头，发送信号给电脑进行显示处理
- 可与所有 Ophir 公司的热电堆，热释电和光电二极管探头联用
- 无线信号覆盖范围 10-30 米（由环境决定）
- 使用可充电电池，充电一次可用 > 40 小时
- 便于 StarLab 应用，对功率，能量数据进行数据平均，统计处理，柱状图显示
- 一台电脑可同时监控 7 个 Quasars 表头

Pulsar-4——Pulsar 多通道激光功率 / 能量表 USB 接头



- 四种款式可选：单 / 双 / 四通道
- 可与大部分 Ophir 公司的热电堆，热释电，光电二极管联用
- 记录脉冲数据速度达 25 kHz
- 检测丢失脉冲，外置触发器触发信号输出
- 便于 StarLab 应用，对功率，能量数据进行数据平均，统计处理，柱状图显示
- 可以使用 LabVIEW，COM Object 和 ActiveX 软件操作。

EA1



- 探头直接连接 PC 以太网接口；
- 支持 POE，直接由网线供电；
- 支持热电堆，光电管及热释电 Smart 探头；
- 包括客户端软件包；
- 支持 Telnet，HTTP，UDP 协议远程监控
- 记录功率 / 能量，平均，统计，柱图等

1.3.3 功率能量测量软件



StarLab 软件

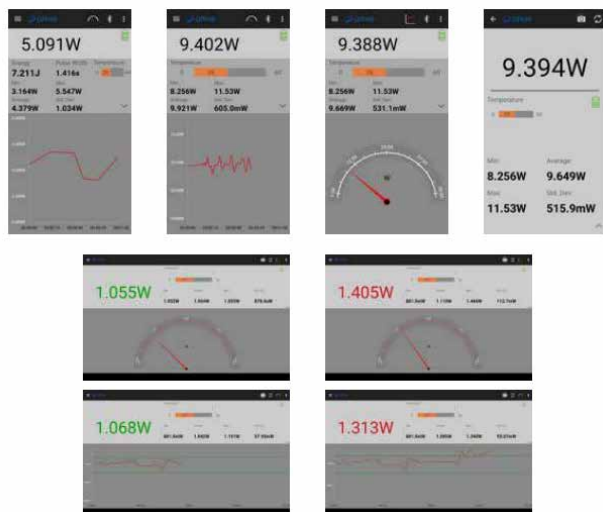
Ophir 公司专业的数据分析、处理、保存与监测软件，人性化的设计界面，强大的数据处理功能。

- 数据可线性图、条形图、直方图和迷你指针显示，并且可在同一个界面显示多个
- 一个软件可同时接数台功率计探头，可以实时进行数据的比对与分析
- 高级的数据保存功能：可保存为 .txt 以及 Excel-Friendly 格式，后者可通过 Excel 表格打开，以便进一步数据处理
- 搭配 BeamTrack 探头，可以更加直观地显示激光光斑大小和位置等信息
- 支持 Vega/Nova-II/StarLite/Pulsar/Juno/USBI/ StarBright 功率计表头和数据连接器，支持 Ophir 公司所有的功率 / 能量计探头
- Ophir 公司同时可提供 StarCom(RS232 接口) 软件以及 LabView 二次开发软件，更加丰富用户的使用以及操作。

StarViewer Android 应用程序

- 将您的 Android 智能手机或平板电脑变成激光功率 / 能量计（Android 7 或更高版本）。
- 在 Google Play 上可获得
- 与 Ariel / Juno / Quasar 设备配合使用
- 将测量结果显示为折线图，模拟指针或带有统计信息的全屏数字显示
- 屏幕捕获和共享内置在应用程序中
- 完全可配置的测量设置，以满足您的激光测量需求

StarViewer 通过我们的 Ariel, Juno 和 Quasar 设备为您的智能手机 / 平板电脑带来激光功率和能量测量。这是一个直观易学的应用程序。只需安装它，连接到您的设备，然后立即开始使用。StarViewer 允许您在基于时间的折线图中显示测量结果，如指针显示或带有统计信息的大数字显示。



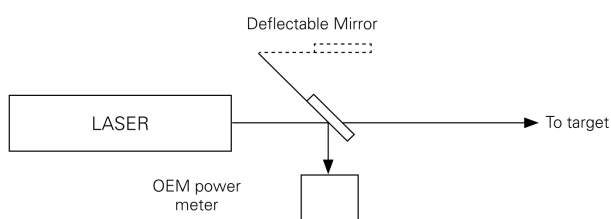
1.3.4 OEM 功率 / 能量探头

在工业 / 医疗激光应用中，在激光器内部或激光器工作部件中集成激光功率探头是非常有效的实时监控激光状态，确保激光质量，预见和处理激光失效的方法。基于领先的激光功率能量计研发制造经验，OPHIR 公司提供各种可集成至用户系统的 OEM 功率 / 能量探头。

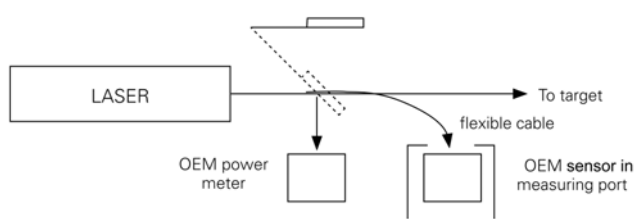
- 可适应直接测量、采样测量、后镜漏光测量等多种测量方式；
- 根据用户需求提供各种不同尺寸、不同封装和装卡方式产品；
- 根据用户需求提供不同电子信号处理（放大电路），不同信号（数字或模拟）输出形式产品；
- 根据客户需求提供裸板或模组，方便用户系统集成。

1) OEM 探头集成方式示意

分光式



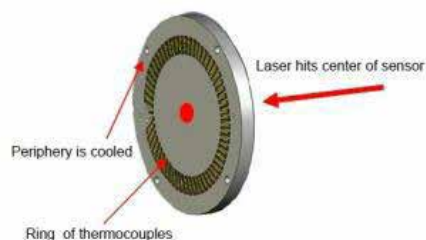
取样式



背光式



2) OEM 探头配置方案部分类型



可支持如下电路输出方式：

- 只输出原始信号或者放大信号：带有外壳和放大电路板的 OEM 功率计探头，不但可以降低噪音强度，而且可以获得 Ophir 原厂的校准和响应速率加快功能
- 输出端口为 RS232/USB2.0/ 以太网
- Disc+ 原始信号输出：最经济的配置方案
- Disc+ 放大电路板：为空间小设计的方案

3) 标准 OEM 功率计探头

产品参数



产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	功率范围
3A-UAF	测中低功率, 内置放大器	Φ9.5mm	0.19-20μm	100uW-3W
PD300-UAS	硅光探头, 内置放大器	10*10	0.2-1.1μm	100pW-50mW
20C-BB-12-SH	紧凑型精巧型	Φ12mm	0.19-11μm	10mW-20W
20C-UAS	紧凑型, 内置放大电路	Φ12mm	0.19-11μm	10mW-20W
20C-UAU	紧凑型, 外置放大电路, USB	Φ12mm	0.19-11μm	10mW-20W
20C-UAE	紧凑型, 外置放大电路, 以太网	Φ12mm	0.19-11μm	10mW-20W
L30C-SH	精巧型中等口径探头	Φ26mm	0.19-20μm	300mW-100W
L30C-LP2-26-SH	精巧型中等口径探头, 长脉冲优化	Φ26mm	0.25-2.2μm	300mW-100W
L30C-UAF	中等口径, 内置放大电路, RS232	Φ26mm	0.19-20μm	300mW-100W
L30C-UAU	中等口径探头, 内置放大电路, USB	Φ26mm	0.19-20μm	300mW-100W
L30C-UAE	中等口径探头, 内置放大电路, 以太网	Φ26mm	0.19-20μm	300mW-100W
100C-BB-18-SH	超薄型, 精巧探头	Φ18mm	0.19-11μm	60mW-100W
100C-UAF	超薄型, 分离放大电路, RS232	Φ18mm	0.19-11μm	60mW-100W
100C-UAU	超薄型, 分离放大电路, USB	Φ18mm	0.19-11μm	60mW-100W
100C-UAE	超薄型, 分离放大电路, 以太网	Φ18mm	0.19-11μm	60mW-100W
L150C-UAF	大口径, 内置放大电路, RS232	Φ50mm	0.19-20μm	200mW-150W
L150C-UAU	大口径, 内置放大电路, USB	Φ50mm	0.19-20μm	200mW-150W
L150C-UAE	大口径, 内置放大电路, 以太网	Φ50mm	0.19-20μm	200mW-150W
L250W-UAF	大口径, RS232, 内置放大电路, 水冷	Φ50mm	0.19-20μm	300mW-250W
L250W-UAU	大口径, USB, 内置放大电路, 水冷	Φ50mm	0.19-20μm	300mW-250W
L250W-UAE	大口径, 以太网, 内置放大电路, 水冷	Φ50mm	0.19-20μm	300mW-250W
600W-UAF	高功率, RS232, 内置放大电路, 水冷	Φ26mm	0.35-2.2μm	5W-600W
600W-UAU	高功率, USB, 内置放大电路, 水冷	Φ26mm	0.35-2.2μm	5W-600W
600W-UAE	高功率, 以太网, 内置放大电路, 水冷	Φ26mm	0.35-2.2μm	5W-600W

4) Ophir 标准 OEM 能量计探头

参数



产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	最大能量范围
PE10-C-RE	高灵敏, 高重频	Φ12mm	0.19-10.6μm	100mJ/cm ²
PE XX-C-RS232	内置输出的 PE 智能探头	参考 PE-C	参考 PE-C	参考 PE-C
PE-C-RE	定制 PE 智能探头	通常 Φ10mm	0.19-10.6μm	参考 PE-C
其他探头	可定制客户指定类型探头			

5) 尾光吸收器 Beam Dump (激光截止器)



对于大功率 / 能量激光, 在设计光路的过程中, 不可避免会遇到如何处理闲散光的问题, 如果这部分激光处置不得当, 就有打坏周围物品或打伤人的风险。Ophir 公司提供多款闲散光吸收设备: 尾光吸收器, 为您提供最安全的闲散光处置方案。

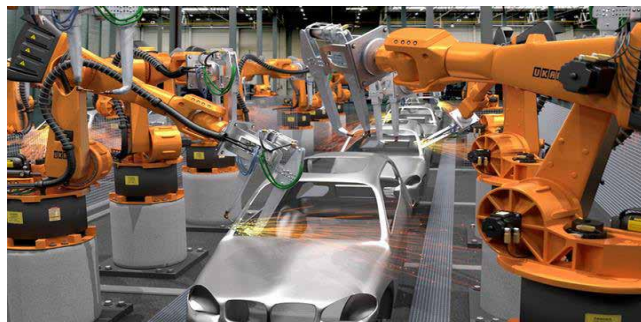
- 功率范围: 500W-11000W
- 高损伤阈值
- 波长范围: 0.19-20μm
- 风冷、水冷两种冷却方式

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	冷却方式
BDFL500A-BB-50	500W 尾光吸收器	Φ50mm	0.19-20μm	风冷
BDFL1500A-BB-65	1500W 尾光吸收器	Φ65mm	0.19-20μm	风冷
BD5000W-BB-50	5000W 尾光吸收器	Φ50mm	0.19-20μm	水冷
BD10K-W	11000W 尾光吸收器	Φ45mm	0.8-20μm	水冷

1.4 高功率工业在线激光功率计

高功率激光通常应用在激光切割、焊接等场合，例如钢板切割、汽车车身焊接、新能源电池焊接等。激光参数的一致性直接决定了工艺质量的一致性，从而影响最终产品的性能和安全。在各种自动化高功率激光加工产线中，对激光功率进行实时监控将有力地确保工艺一致性，提升产率、良品率，减少宕机维护时间。

高功率激光自动化生产线通常无人值守、设备密集、溅射等污染物较多，故直接测量高功率激光的激光功率探头，因其体积重量较大、需要水冷等特性，不便于直接使用。OPHIR 专门针对这些应用场景，采用间歇式脉冲式测量的方法，探头无需水冷，而探测面防护设计可确保探头本身的安全和使用寿命；工业化的数据接口保证能够远距离抗干扰传输；间歇工作方式使得可以利用进料间歇，由导光臂将激光引导至探头测量，不占用工作时间。



1) Helios Pro 万瓦在线功率计



在线测量，快速响应、无需水冷风冷、便于系统集成

- 功率范围 :100W-12kW
- 能量范围 :100J-5000J
- 响应时间 :3s
- 波长范围 :without Diffuser:450 - 550nm, 900 - 1100nm; with Diffuser:450 - 550nm, 940 - 1100nm
- 入射口径 :without Diffuser: 50mm; with Diffuser:35mm
- 支持通讯接口 :Profinet/ EtherNet/IP/EtherCAT/ RS232



2) 一体式 8kW 功率计 Ariel

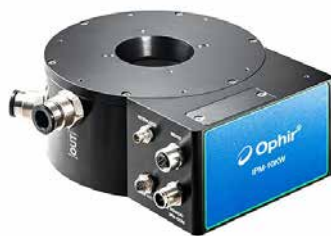


Ariel 可测量高达 8kW 的激光功率，集成显示屏，可单独使用也可连接电脑使用。

- 便携式测量，快速响应、无需冷却、紧凑一体
- 内置显示屏，电池和蓝牙通讯、便于系统集成
- 功率范围 :200mW-8000W
- 曝光时间: 0.05-2s（脉冲模式）
10s- 连续测量（连续模式）
- 波长范围 :440-550nm, 900-1100nm, 2.94μm, 10.6μm
- 入射口径 :32mm
- 支持通讯接口 :PC and Android APP



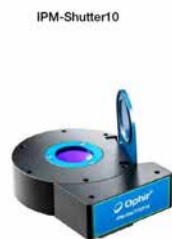
3) IPM-10kW 万瓦水冷在线功率计



IPM-10kW

IPM-10kW 万瓦激光功率计带水冷接口，适合长时间大功率激光测量，标配 RS-232 通信接口。可拓展激光快门和工业通讯接口

- 功率范围 :100W-11kW
- 能量范围 :60J-10kJ
- 相应时间 :2.7s
- 波长范围 :0.9-1.1 μ m;10.6 μ m
- 入射口径 : 45mm
- 通信接口 : RS232



IPM-Shutter10



IPM-10kW
with IPM-Shutter10



With shutter open



IPM-COM-Profinet



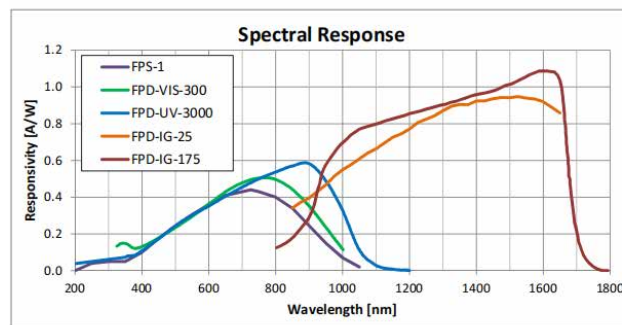
IPM-COM-EtherNet/IP-M

1.5 激光脉冲测量：快速光电探头



FPS 系列快速响应光电探头用于测量激光脉冲的波形。OPHIR 探头提供快至 25ps 的上升沿，覆盖 193 - 1700nm 波长范围，并可提供衰减片、积分球等附件。

型号	FPS-1	FPD-UV-3000	FPD-VIS-300	FPD-IG-175	FPD-IG-25
上升 / 下降时间	1.5ns	3ns	<300ps	<175ps	<25ps
响应范围	193 - 1100nm		320 - 1100nm	900 - 1700nm	
探测面直径	1.02mm	2.55mm	0.4mm	0.1mm	0.032mm
带宽	233MHz	>118MHz	>1.2GHz	>2GHz	>15GHz
输出接口	BNC				SMA
输出阻抗	50 欧姆				

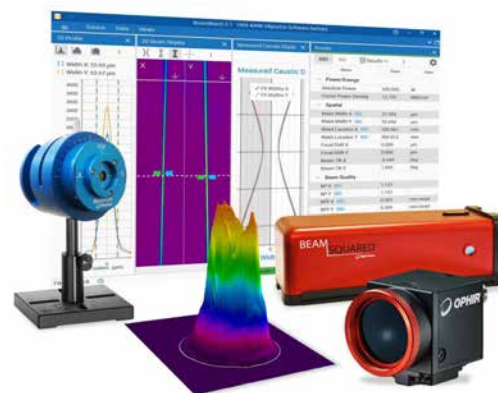


2. 激光光束分析仪

除了激光功率 / 能量外，激光在传输方向横截面的强度分布以及激光的传输特性，也是激光器应用中决定性的因素：绝大多数应用需要根据激光的传输特性 (M^2) 来设计光路；定量科学实验和高品质激光加工都需要实际测量激光焦点的分布。同时，很多激光器在使用中，泵浦源或光学器件衰减首先体现在激光光斑的变化上，定期测试激光光斑有助于提前发现衰减倾向，及早维护，降低维护成本、缩短停机时间，预防激光器性能突变导致产线灾害。

激光的截面强度分布的测量（光斑分析）通常采用光束分析仪，而传输特性通常用 M^2 表征，由 M^2 测试仪按照 ISO 标准进行测量。

Spiricon 公司是业内久负盛名的激光光束分析仪和 M^2 生产厂家，自上世纪七十年代末开始研发提供激光光束品质分析仪，并参与制定了光斑测量的 ISO11146-3 标准。产品种类覆盖 CCD 相机式光束分析仪、InGaAs 面阵相机光束分析仪、热释电晶体面阵光束分析仪、狭缝扫描式光束分析仪、全自动 M^2 测量仪、高功率激光聚焦测试仪等，波长覆盖 13nm ~ 3000 μ m，广泛应用于激光器制造、激光精密加工、光通讯、太赫兹、激光科学研究等领域。Spiricon 公司 2006 年加入 OPHIR 集团，使后者成为激光测量全系统解决方案的供应商。



2.1 面阵式激光光束分析仪

相机式光束分析仪采用二维阵列光电传感器，直接将辐照在传感器上的光斑分布转换成图像，传输至电脑并进行分析。相机式光斑分析仪是目前使用最多的光斑分析仪，可以测试连续激光、脉冲激光、单个脉冲激光，可实时监控激光光斑的变化。

完整的光束分析系统由四部分构成：

- 相机。
相机确定了可测量的波长范围：硅基 CCD 相机通常为 190nm ~ 1100nm；InGaAs 面阵相机通常为 900 ~ 1700nm；热释电面阵相机则可覆盖 13 ~ 355nm 及 1.06 ~ 3000 μ m。相机的芯片尺寸决定了能够测量的光斑的最大尺寸，而像素尺寸则决定了能够测量的最小光斑尺寸；通常需要 10 个像素体现一个光斑完整的信息。
- 光束分析软件。
软件除了采集数据并按照各种数学模型进行分析计算外，更为重要的是确保光束分析计量的准确性。Spiricon 公司采用 Ultra CAL™ 技术扣除相机的起伏背景，确保在各种强度下得到的光斑都具备定量准确性；丰富的光斑识别、手动及自动选区功能，避免光斑品质计算中引入过大误差甚至出现伪结果：例如对多模（多瓣）光束的自动分析。
- 附件。
几乎所有的激光器的强度都超过相机的饱和强度甚至损伤阈值，高品质的衰减附件可确保在保持光束品质的情况下衰减强度，扩束、缩束、放大、投影成像等高品质成像系统使得尺寸一定的传感器可以适应不同的光斑。

2.1.1 硅基 CCD 相机



主要特点

- 相应灵敏度高
- 不同感光面尺寸可供选择
- USB2.0/USB3.0/ Gigabit Ethernet 四种接口方式
- C-Mount 接口，可选择衰减片、分光片等多种附件

主要应用领域

- 半导体 / 光纤等激光器光斑分析
- 激光加工设备
- 生物医疗激光分析等

相机型号	SP932U	SP204S	SP402S	SP504S
波长范围		190-1100nm		340-1100nm
芯片尺寸	7.06x5.3mm	6.7x5.6mm	12.3x12.3mm	23x23mm
像元大小	3.45x3.45 μ m	2.74x2.74 μ m	2.74x2.74 μ m	4.5x4.5 μ m
分辨率	2048x1536	2472x2064	4512x4512	5120x5120
动态范围	72dB	67dB	67dB	44.6 dB
灵敏度	0.2nW/cm ²	0.35nW/cm ²	0.35nW/cm ²	0.25nW/cm ²
损伤阈值	50W/cm ² 、1J/cm ² (< 100ns)			filter 全安装时
接口方式	USB3.0			GigaE(POE)
特点	通用 / 高动态	通用 / 高分辨率	大面阵	超大面阵

2.1.2 镀磷光材料 CCD 相机



SP203P

硅材料 CCD 相机的长波截止波长为 1100nm（对于较强的光可响应至 1300nm）。通过在芯片表面镀上转换磷光材料，能够探测光通讯广泛使用的 1550nm 左右激光。

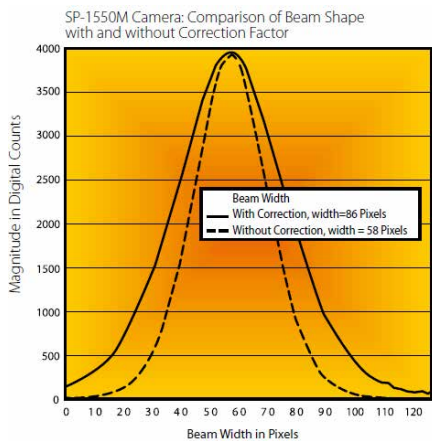
主要特点

反斯托克斯磷层吸收 1440-1605nm 近红外光，进而产生的可见光在硅基芯片上进行成像。

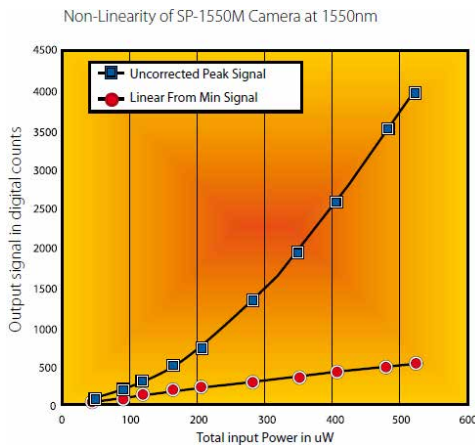
主要应用领域

光通讯，OPO 激光等。

相机型号	SP203P	LT665-1550
主要参数		
波长范围	1440-1605nm	1440-1605nm
芯片尺寸	7.06mm×5.3mm	12.5mm×10mm
像元大小	3.45μm×3.45μm	4.54μm×4.54μm
分辨率	2048×1536	2752×2192
动态范围	32 dB	30 dB
灵敏度	0.5uW/cm ² (400ms 曝光)	
损伤阈值	50W/cm ² 、1J/cm ² (<100ns)	
软件配置	BeamGage STD or PRO	
接口方式	USB3.0	

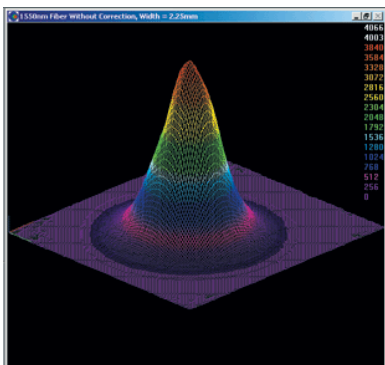


线性和非线性光斑大小测量对比

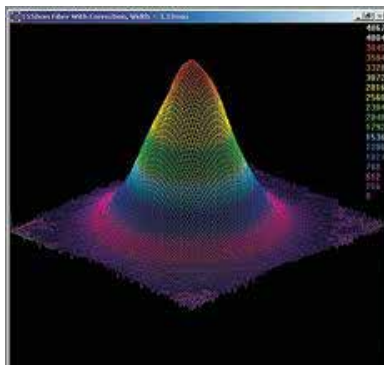


线性和非线性信号输出对比

红外信号上转换至可见光信号的过程是非线性的，也即针对这类镀磷的相机，芯片感测到的信号并不正比于输入的红外光强信号。Spiricon 基于大量的实验测量了转换效率的非线性特性，研究了校正算法并将这一算法植入 BeamGage 软件中，确保软件的结果真实可靠。



线性校准前



线性校准后

2.1.3 近红外 InGaAs 相机



XC-130

SP1201/1203

主要特点：

量子效率高，暗电流小，灵敏度高，曝光时间范围宽。

主要应用领域：

空间遥感、夜视、侦察与监视、遥感系统、红外成像制导、光电对抗等。

相机型号	SP1203	SP1201	XC-130
波长范围		900 - 1700nm	
芯片尺寸		9.6×7.6mm	
像素大小	15μm×15μm	30μm×30μm	
分辨率	640×512	320×256	
动态范围	68dB	59dB	68dB(低增益)/60dB(高增益)
饱和强度	12.6uW/cm ² @1064nm 8.9uW/cm ² @1550nm	0.4uW/cm ² @1064nm 0.2uW/cm ² @1550nm	1.3uW/cm ² @ 1550nm
芯片制冷	TEC 制冷	TEC 制冷	TEC 制冷 强制散热
帧率	60Hz	60Hz	100Hz
曝光时间	10μs - 50ms	150μs - 10ms	1μs - 400s
软件配置	BeamGage Pro	BeamGage Pro	BeamGage Pro
接口	GigaE	GigaE	USB2.0

2.1.4 热释电阵列相机



Pyrocam IV

Pyrocam IIIHR

主要特点：

13-355nm&1.06-3000μm 超宽波长覆盖。

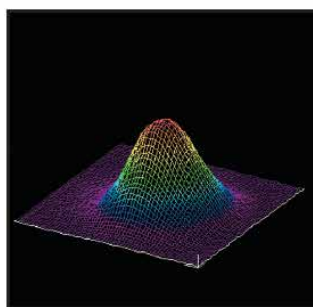
主要应用领域：

CO₂ 激光，光通讯，太赫兹，自由电子激光器等。

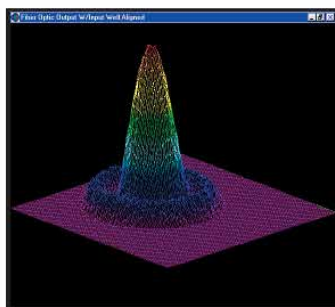
配合 M² 分析软件及自动导轨，可以测量 M² 因子。

Pyrocam 系列热释电阵列相机是 Spiricon 研发的独特产品，13-355nm + 1.06-3000μm 超宽波长覆盖使其可以适用于深紫外激光、红外 ~ THz 光束分析。配合 M² 软件及自动导轨，可实现这些波段的 M² 测试。Pyrocam 测试脉冲激光或斩波后的连续激光。

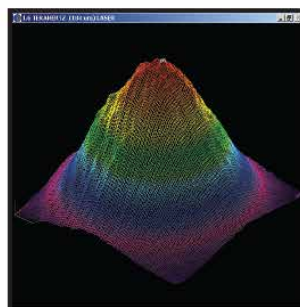
相机型号	Pyrocam III HR	Pyrocam IV
波长范围	13-355nm&1.06-3000μm	13-355nm&1.06-3000μm
芯片尺寸	12.8mm×12.8mm	25.6mm×25.6mm
像元大小	75μm×75μm	75μm×75μm
分辨率	160×160	320×320
灵敏度	64nw/pixel(CW) 0.5nJ/pixel(Pulsed)	64nw/pixel(CW) 0.5nJ/pixel(Pulsed)
损伤阈值	8W/cm ² (CW) 600mJ/cm ² (1ms Pulse)	8W/cm ² (CW) 600mJ/cm ² (1ms Pulse)
软件配置	BeamGage Pro	
接口方式	GigE	GigE



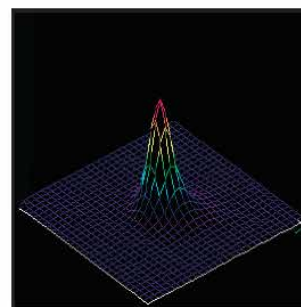
Er:YAG laser at 2.9μm.
YAG 激光



Output of infrared fiber optic.
红外光纤出光



THz laser beam at 1.6THz (184μm).
THz 激光

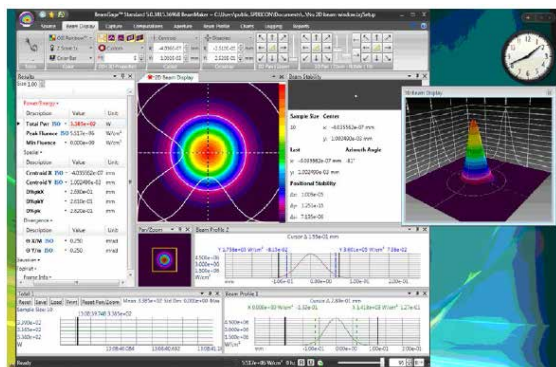


Free Electron laser at 100μm.
自由电子激光

2.1.5 光束分析软件

Spiricon 提供全能光束分析软件 BeamGage 以及入门级光束分析软件 BeamMic，满足不同用户的需求。

1) 专业级光束分析软件 BeamGage



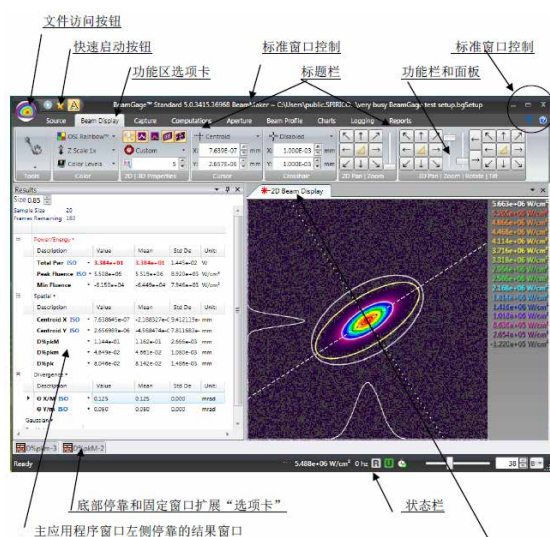
Spiricon 专业光斑分析软件历经了 LBA、Beamstar、BeamGage 四个阶段。每一个版本均继承了上一代精准的测试分析能力以及友好的用户界面，同时又随相机硬件技术、电脑硬件技术以及激光器的发展，不断提供更高的性能和更丰富的功能。

软件特点

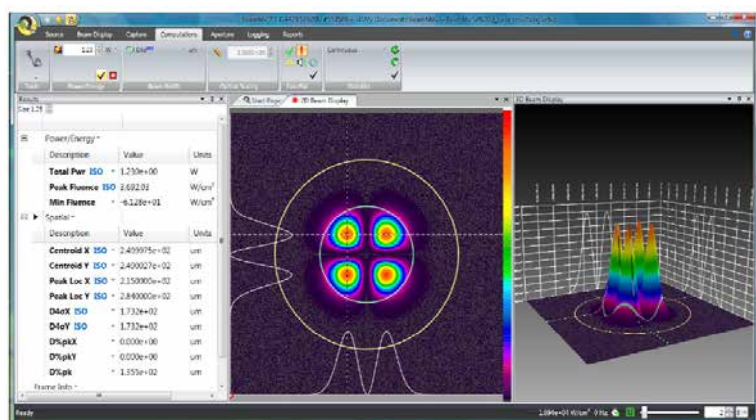
- BeamGage 软件结合了 LBA 软件精确测量的特点和 BeamStar 软件操作方便的特点
- 软件界面更人性化，操作更便捷，可任意改变窗口大小，支持多监视器操作
- 可同时显示 1 维、2 维、3 维的功率分布，3 维显示中增加了两个侧面的投影功能，可以帮助用户更直观的了解激光光斑的分布情况
- Ultra CAL 功能符合 ISO11146 对于光斑测量基线校准方法的标准，扣除背景噪声，得到更精准的 ISO 认证标准的光斑数据（详情见 ISO 11146-3-2004）
- 延续并增强了 LBA 光斑指向稳定性的功能，以图表和散点的形式显示结果
- 兼容同步的功率能量数据
- 新的 Beam Maker 光斑模拟功能可以验证自身算法
- 支持相机共享和网络相机
- 可以相机图像分割成多个区域，实现单相机多光斑独立分析的结果

软件功能

- Ultra CAL 逐点背景扣除技术，可将测量环境中的杂散背景光完全扣除掉，使得测量结果真实，数据符合 ISO 标准；
- 可设置 $1/e^2$ 、 4σ 等不同参数标准计算光斑尺寸大小；
- 测量激光光斑峰值中心、几何中心位置；
- 测量激光高斯拟合度；
- 测量光斑指向稳定性；
- 平顶光斑分析；
- 可进行 Pass/Fail 设置；
- 测量数据和图像和保存为 PDF 文档；
- 测量数据导出为 ASCII、EXCEL 等多种格式；
- 支持外触发、Video Trigger 自触发，便利测量脉冲激光



图。



2) 经济型光束分析软件 BeamMic

BeamMic 为需要对激光器光斑有基础直观了解而无需复杂分析的用户而设计。

软件特点

- 同样结合了 LBA 软件精确测量的特点和 BeamStar 软件操作方便的特点
- 软件界面更人性化，操作更便捷，可以任意改变窗口大小，支持多监视器操作
- 可同时显示 2 维和 3 维的功率 / 能量分布，3 维显示中增加了两个侧面的投影功能，可以帮助用户更直观的了解激光光斑的分布情况

软件功能

- 测量光斑尺寸大小，可设置 4σ 参数测量标准
- 测量激光光斑峰值中心、几何中心位置
- 平顶光斑分析
- 可进行 Pass/Fail 设置
- 测量数据和图像和保存为 PDF 文档
- Ultra CAL 单点背景扣除技术，可将测量环境中的杂散背景光完全扣除掉，使得测量结果真实，数据符合 ISO 标准

2.1.6 光束分析仪附件

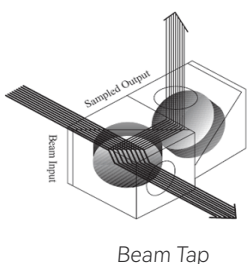
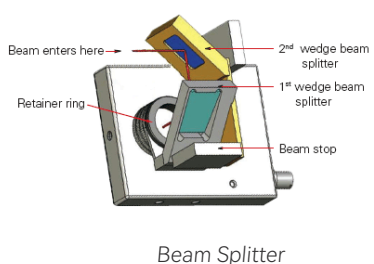
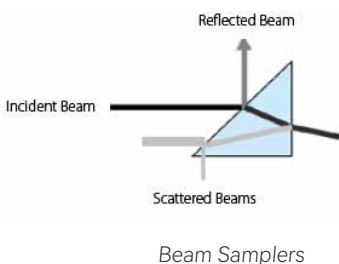
各种光学附件用于分光、衰减、改变光斑尺度、成像等。

1) 分光器

分光器将激光分成反射光和折射光两部分，适用于高功率激光的初次衰减。



型号 主要参数	Beam Tap I&I	Beam Tap I&I YAG	可堆叠分光镜	前表面取样棱镜
波长范围	400-700nm	1064nm	190-2000nm	200nm-2.5μm
反射率	4%&0.16%	0.5%&0.0025%	5%&0.25%	0.057% & 532nm
口径大小	Φ17.5mm	Φ17.5mm	Φ15mm	14mm x 14mm
损伤阈值	1MW/cm² CW	1MW/cm² CW	> 5J/cm²	> 100MW/cm² CW
接口	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount

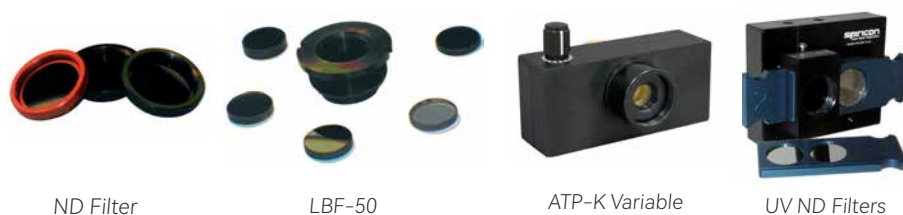




Beam Tap

Beam Splitter

Beam Samplers

2) 衰减器



仪器型号	ND Filter	ATP-K 可变衰减片	UV ND Filters	355nm 特制滤光片
ND Value	1,2,3	ND=1.7-4.6 Max. ND: 7.4 (with fixed 2.8 gray-glass attenuator)	0.3, 0.7, 1.0, 1.3, 1.7, 2.0, 2.3, 2.7, 3.0, 3.3, 3.7, 4.0, 4.3, 4.7, 5.0, 6.0	透过 355nm, 阻挡 532nm & 1064nm
损伤阈值	50W/cm²	5W/cm²	100W/cm²	50W/cm²
接口方式	C-mount	C-mount	C-mount	C-mount

高质量的中性密度滤光片，确保在衰减激光的同时保持光斑的形状。

C 接口中心滤光片可直接旋入光斑分析仪相机，并可叠加，灵活搭配各种衰减率；

可变衰减片采用两片渐变式中性密度滤光片，在衰减率可连续调节的同时，确保通光孔径内衰减率均匀分布。

吸收式衰减片会产生热量，故不适合高功率激光。高功率激光建议预先采用单级或多级取样反射镜取样。

3) LBS-300s 衰减组合（分光 + 衰减）



仪器型号	LBS-300s-UV	LBS-300s-VIS	LBS-300s-NIR	LBS-300s-BB	LBS-300HP-NIR
波长范围	266-355nm	400-950nm	950-1800nm	190-2500nm	950-1800nm
口径大小	Φ17.5mm				
反射率	0.01%				0.16%
ND 值	0.3, 0.7, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0				
损伤阈值	100W/cm² CW 20mJ/cm² 10ns pulse	50W/cm² CW 1J/cm² 10ns Pulse			15W/cm² CW 10J/cm² 10ns Pulse

注：可配置 40W/500W 尾光吸收器

组合式衰减器集成了分光器和可变中型密度滤光片，可直接旋接在相机上使用。

4) LBS-400 衰减组合 (分光 + 衰减)



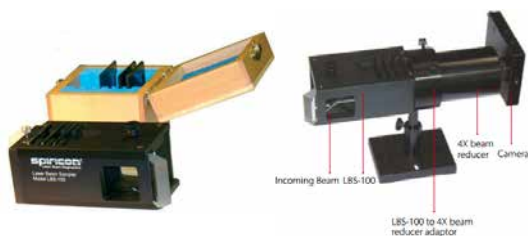
LBS-400 具备 31.75mm 大口径。

仪器型号	LBS-400-IR	LBS-400-UV	LBS-400-NIR
波长范围	10.6μm	193-355nm	900-1800nm
口径大小	Φ31.75mm		
反射率	0.01%		
ND 值	0.5 1.0		
损伤阈值	5W/cm ² CW 300J/cm ² 1ms Pulse	100W/cm ² CW 20mJ/cm ² 10ns Pulse	50W/cm ² CW 1J/cm ² 10ns Pulse

注：可配置尾光吸收器

5) LBS-100 组合式衰减器

LBS-100 采用楔形分光镜和多片可选的中型密度滤光片搭配，实现大范围可切换的衰减倍率。



仪器型号	LBS-100	LBS-100 YAG	LBS-100 IR 0.5	LBS-100 IR 5.0
波长范围	400-700nm	1064nm	10.6μm	10.6μm
口径大小	19mm×19mm			
反射率	4%	1%	0.5%	5%
ND 值	0.3,0.7,1.0,2.0,3.0,4.0		30% T for 3mm flat 60% T for 1mm flat	
损伤阈值	50W/cm ²			
注·可配置缩束适配器				

注：可配置缩束适配器

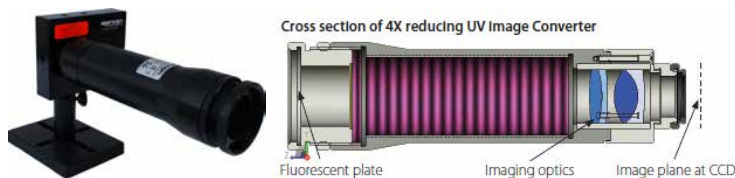
6) 扩 / 缩束器



可对激光光斑大小进行放大或缩小，以适应光束分析仪尺寸需要

仪器名称	扩束器	缩束器
波长范围	192-360nm; 340-1800nm	360-1100nm
扩 / 缩倍数	4x, 6x, 12x, 22x	4x
接口方式	C-Mount	C-Mount

7) 紫外转换模块

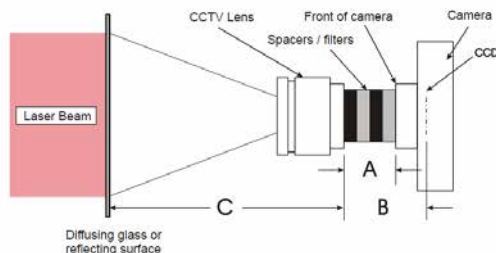


虽然 CCD 的响应可以低至 190nm, 但深紫外光 (<300nm) 的单光子能量较高, 长期直接辐照会导致 CCD 相机损坏。因此针对深紫外激光器, 例如 266nm、213nm、193nm 等激光器, 建议使用紫外转换器, 将紫外光转换成可见光探测。

主要特点

- 高光束输出
- 高损伤阈值
- 宽线性动态范围
- 可以和缩束器、扩束器搭配使用;

8) CCTV lens



超大的光斑既不能适用于 CCD 相机直接探测，而大口径的缩束系统（望远镜）成本高、体积大、像差难以保证。将超大光斑入射到散射体上，再经过 CCTV lens 成像于 CCD 芯片上，是一种便利的方法。

9) 宽光束成像仪 Wide Beam Imager

集成散射体与成像透镜，用于测量大口径光斑或发散角较大的光源，例如 LED, VCSEL 等，入光口径达到 45mm。



名称	Wide Beam Imager
波长范围	193-360nm; 350-1100nm; 900-1700nm
光束大小	10-45mm
口径	Ø45mm
发散角	< 70°
功率范围	up to 200W (CW), 1000W for 1 minute

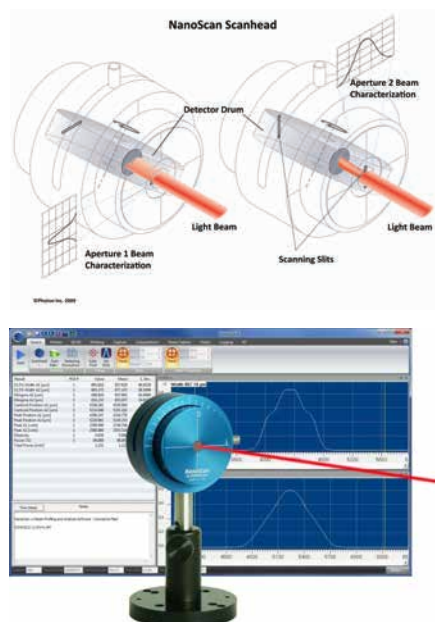
10) 焦点测量

激光聚焦的焦点通常具备很高的强度，需要很大的衰减幅度才能直接测量；而工作距离（最长不能超过焦距）的限制又使得无法引入大量的衰减片。OPHIR FSA 焦点测量附件用于直接测量高功率聚焦激光的焦斑，在紧凑的距离内提供 10^{-10} 的衰减率。



- 最短可支持 73mm 焦距
- 无畸变直接焦斑探测
- 可调衰减率，最高可达 10^{-10}
- 最高可测 400W 激光功率（搭配 HP 配件最高可到 5KW）
- 最小可测 $37\mu\text{m}$ 光斑
- 狭缝扫描光束分析仪

2.2 狭缝扫描光束分析仪



扫描式光束分析是一种经典的光斑测量技术，通过狭缝 / 小孔取样激光光束的一部分，将取样部分通过单点光电探测器测量强度，再通过扫描狭缝 / 小孔的位置，复原整个光斑的分布。

扫描式光束分析仪的优点：

- 取样尺度可以到微米量级，远小于 CCD 像素，可获得较高的空间分辨率而无需放大；
- 采用单点探测器，适应紫外 ~ 中远红外宽范围波段；
- 单点探测器具备很高的动态范围，一个探头可同时适应弱光和强光分析。

扫描式光束分析仪的缺点：

- 多次扫描重构光束分布，不适合输出不稳定的激光；
- 不适合非典型分布的激光，近场光斑有热斑、有条纹等的状况。

扫描式光束分析仪与相机式光束分析仪是互补关系而非替代关系；在很多应用，如小光斑测量（焦点测量）、红外高分辨率光束分析等方面，扫描式光束分析仪具备独特的优势。

NanoScan 2s 系列狭缝扫描式光束分析仪，源自 2010 年加入 OPHIR 集团的 PHOTON INC。PHOTON INC 自 1984 年开始研发生产扫描式光束分析仪，在光通讯、LD/LED 测试等领域享有盛名。扫描式与相机式光斑分析仪的互补联合使得 OPHIR 可提供完备的光束分析解决方案。

特点和功能：

- 可测量连续激光以及大于 1kHz 重频的脉冲激光
- 取样间隔可以调节小到 5.7nm，使其能够极其精确地测量非常小的光斑，
- 可显示 2D/3D 光斑形貌
- 扫描速度可调谐
- 16 位数字化信号采集，35dB 高动态范围，20Hz 最刷新频率
- 支持用户进行二次开发，便于集成
- 探头可添加功率计选项
- 硅、锗和热释电探测器可选，测量范围可覆盖很宽的光谱范围和功率级别
- 不加衰减就可以测量较高功率或焦点处光斑
- 所有的 NanoScan 的校准都可以溯源 NIST 标准以确保最终的精度
- 符合国际标准 ISO/DIN 11146 及 ISO13694。（1989~1996 年，Photon 公司主持了 ISO/DIN 委员会的工作，制订出了 ISO/DIN 11146 标准）

型号指标：

型号 *	Si/3.5/1.8	Si/9/5	Ge/3.5/1.8	Ge/9/5	Pyro/9/5
波长范围	190 ~ 1100nm		700 ~ 1800nm		190nm ~ 100μm
狭缝尺寸 μm	1.8	5	1.8	5	5
入瞳尺寸 mm	3.5	9	3.5	9	9
可测量光斑 1/e ²	7μm ~ 2.3mm	20μm ~ 6mm	7μm ~ 2.3mm	20μm ~ 6mm	20μm ~ 6mm
扫描频率	1.25, 2.5, 5, 10, 20Hz				
功率读出	用户校准				
激光类型	连续或脉冲				
计算机介面	USB2.0				
最高数据率	20Hz				
最高时钟率	21.4MHz				
采样位宽	16bit				
* 型号释义 : NanoScan 2s - X/Y/Z, X- 探测器材料; Y- 入瞳尺寸, 单位 mm; Z: 狭缝宽度, 单位 μm					

软件功能：

NanoScan 提供 Standard 与 Professional 两种功能版本：

NanoScan 版本		Standard	Professional
控制功能			
数据源	扫描头选择, 增益, 滤光片, 采样分辨率, 转速, 记录模式	Y	Y
采集	平均, 旋转, 放大, CW 或脉冲模式, 发散, 高斯拟合, 参考位置, 再计算	Y	Y
ROI	单个 / 多个, 自动 / 手动, 颜色		
轮廓	纵向坐标, 对数坐标, Z & PAN (自动 / 手动)	Y	Y
运算	Dslit (13.5%, 50%), D4 σ	Y	Y
ISO13694	宽度比, 重心位置, 峰值位置, 中心	Y	Y
ISO11146	分离, 峰值分离, 照度, 高斯拟合, 椭圆度, 发散角, 总功率, 脉冲频率, 功率 %	Y	Y
	连续, 滚动, 限定	Y	Y
指向	重心或峰值, 累积模式, 光束指示, 图形中心, 色彩	Y	Y
2D/3D	2D/3D 模式, 线性 / 对数标度, 分辨率, 等高线等	Y	Y
图表	图表选择, 参数选择, 孔径, 刷新率, 开始 / 清零	Y	Y
记录	文件路径 / 名称, 分隔符, 刷新率	Y	Y
M ²	导轨设置: 通讯口与长度; 连接 / 断开; 导轨控制	Y	Y
显示功能			
轮廓	每个轴的光强轮廓显示, 可叠加高斯曲线	Y	Y
结果	显示计算值及所选结果的统计值	Y	Y
指向	显示每个 ROI 的重心或峰值的 XY 坐标, 可叠加显示 / 累积显示	Y	Y
图表	显示用户定义结果的时间图表	Y	Y
2D/3D	2D/3D 图形显示	Y	Y
M ²	交互式向导下执行 M ² 的瑞利方法测量	Y	Y
文件与通讯功能			
	Nano Scan 格式	Y	Y
	TEXT 文件	Y	Y
	记录到文件	Y	Y
	NanoScan 报告	Y	Y
	Active X 自动化介面		Y

2.3 M² 分析仪

2.3.1 M² 测试简介

M² 为表征激光传输品质的无量纲数值。其数学定义为：

$$M^2 = \frac{\text{实际光束束腰宽度} \times \text{远场发散角}}{\text{理想高斯光束束腰宽度} \times \text{远场发散角}}$$

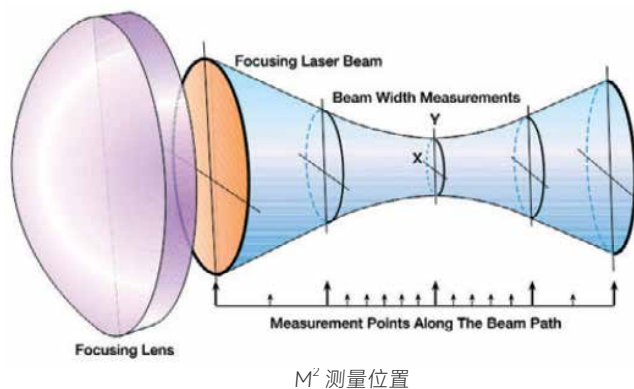
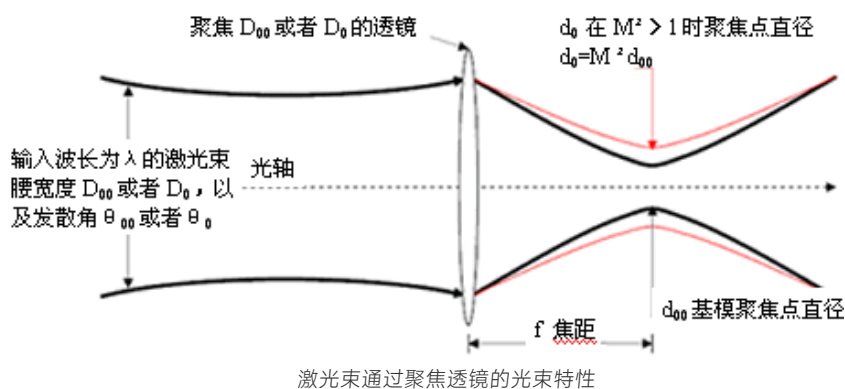
$$\text{或 } M^2 = \frac{\pi D_0 \theta_0}{4\lambda}$$

其中： D_0 、 θ_0 和 λ 表示实际光束传播过程中束腰直径、发散角和波长。

1988 年，A.E.Siegman 利用 M² 较科学合理地描述了激光光束质量，并由国际标准组织 (ISO) 采纳。M² 的定义避免了其他描述光束传播特性的参数如 BPP、 β 、发散角等对波长、口径等参数的依赖，且在光束的 M² 经过理想光学系统后不会变化，使得不同激光器可以横向比较，使得它成为表征激光光束传输质量的业界通用指标。

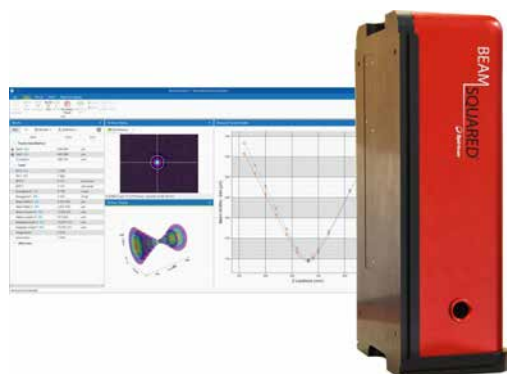
按照 ISO/DIS 标准，M² 测量不能单独取光路中某一个点的光束参数来确定，它需要先用已知焦距透镜将光束聚焦，通过测量多组束腰位置和远场位置光斑大小以及发散角从而得出 M² 值。

为了提高 M² 测量精确度，在束腰位置处测量 5 个光斑大小和在远场位置（至少两个瑞利长度的距离）处测量 5 个光斑大小是非常有必要的。这种多次测量模式，一方面确保最小光斑位置可以被找到，另一方面提高了测量结果的精确度。



根据 ISO 标准，为确保 M² 及束腰位置准确性，测试过程中透镜相对于光束的位置不能变化，而需要扫描的是光束分析仪与透镜之间的距离。

2.3.2 BeamSquared 全自动 M² 分析仪

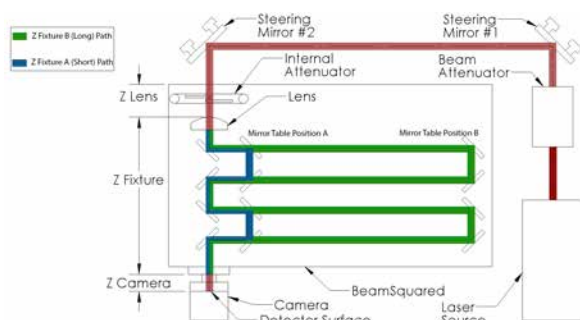


Spiricon 为全球最早推出自动化 M² 测试仪的公司，其经典型号 M²-200 已成为行业标准测试设备。历经数次迭代革新，全新推出的 M² 分析仪 BeamSquared，自动化程度更高、体积更小、测量速度更快，是激光器研发制造、工业及医疗激光评估的必备设备。

主要特点：

- 速度快：1 分钟内出结果；
- 含自动衰减器；
- 连续和脉冲激光均可测量；
- 折叠腔，体积小巧；
- 全自动分析激光光束质量：光斑大小、能量分布、质心、峰值中心、高斯拟合度、光斑指向稳定性、M² 因子、发散角等，所有结果均符合 ISO 标准；
- 一维、二维、四维成像；
- 并可输出 PDF 测量结果报告以及多种格式的日志；
- 专利 Ultra CAL 逐点背景扣除技术可得到高精度测量结果，所有测量参数符合 ISO 标准，可追溯至 NIST 标准。

工作原理



BeamSquared 包含自动衰减器、束腰生成镜、反射镜和相机四大部分。

精密准直的双程直线扫描光路提供在较短空间内的长行程快速扫描，配合不同的透镜、探测器覆盖宽范围的波段。更新的自动衰减器可提供 ND1.0 ~ 4.8 连续可变衰减倍率，保证近场、焦点、焦前焦后都能以最佳的强度进行测量。Spiricon 标志性的 UltraCAL 本底校正处理，在每个测量位置都执行一次，确保光束半径测量的准确性。

BeamSquared 提供四个型号，BSQ-SP204s、BSQ-XC130 为自动化系统，分别适用 266 ~ 1100nm 以及 900 ~ 1700nm 范围；BSQ-A 不包括相机，用于已有 Spiricon 光束分析仪的用户升级使用；BSQ-PY-M 是手动测量 M² 的软件系统，配合 PyroCAM 系列相机，实现交互式手动 M² 测量，主要用于红外波段。

	BSQ-SP204S	BSQ-XC130
相机型号	SP204S	XC130
波长范围	266~1100nm	900~1700nm
有效面积	6.7mm×5.6mm	9.6mm×7.6mm
分辨率	2472×2064	320×256
像素尺寸	2.74μm×2.74μm	30μm×30μm
动态范围	67dB	68dB
帧率	37fps	100fps
电脑界面	USB2.0/3.0	
精度	±5%；束腰位置与瑞利长度：±10%	
测量周期	1 分钟（典型）	
扫描分辨率	0.05mm	
标准透镜组	266-440nm FL=500mm 430-700nm FL=500mm 650-1000nm FL=400mm 1000-1700nm FL=400mm	1000-1700nm FL=400mm c
衰减	ND1.0~4.8 连续自动调节	
损伤阈值	0.15W/cm ² 连续 1.0μJ/cm ² 脉冲	100mW/cm ²
输入光束尺寸	BeamSquared 自动模式：1mm ~ 10mm，取决于波长、束腰尺寸、位置、M ²	
最小可测光束直径	27μm	300μm
尺寸重量（不含相机）	217.2mm×459.5mm×156.3mm, 14.2kg	

2.4 高功率激光在线光束分析仪

高功率激光在使用中，功率和能量、聚焦特性共同决定了最终的使用效果。通常需要考虑的因素有：

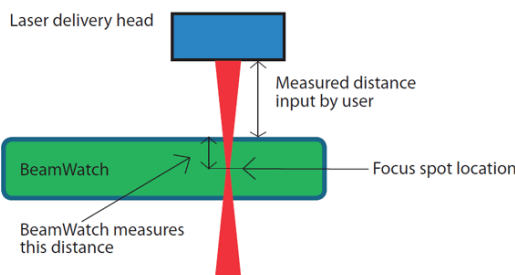
- 焦斑尺寸和形貌：直接决定聚焦所能达到的功率密度；
- 焦斑的位置：决定材料加工时定位是否准确；
- 锐利长度：在焊接 / 打孔 / 切割等应用中，激光需要以较小的光斑穿透一定的深度。

而在高功率激光系统中，因为激光器、光学系统、加工工件的漂移与变化，上述焦点特性常常发生变化；针对激光焦点前后的全面特性进行测量或监控，对激光加工系统的设计验证、激光加工参数配比确定、在线系统状况监测都非常有必要。

这种监控需要直接对高强度的激光焦点附近进行测量，而很多时候这种测量要求是在线的现场测量。

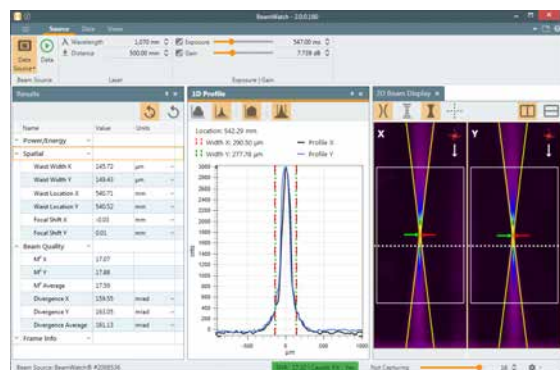
2.4.1 BeamWatch 非接触式大功率激光焦点分析仪

OPHIR 专利的 BeamWatch 非接触式轮廓分析仪通过测量瑞利散射，精确捕获和分析波长范围为 980nm - 1080nm 的高功率工业激光。该分析仪包括全穿透光束测量技术、无运动部件、轻便紧凑型设计等特征，非常适合于高功率工业激光进行全面分析。



主要特点：

- 光束腰尺寸最小 45 μ m；
- 非接触式，功率级范围为 1kW 至 100kW 以上；
- 千兆以太网接口；
- 包含 BeamWatch 终端用户或技术人员分析软件；
- 支持在线实时测量；
- 可以和功率计集成；



BeamWatch 软件

型号	BW-NIR-130	BW-PLUS-45	
波长范围	950-1100nm	420-635nm	950-1100nm
最小功率	400W	3W	400W
最大功率	无限制	无限制	
最小焦斑大小	130μm	45um	
最大入射口径	12.5mm	12.5mm	
视场 FOV	25.74x8.55mm	9.01x2.99mm	
视场分辨率	16.5um	5.5um	
束腰宽度准确度	±5%	±5%	
束腰位置准确度	±125μm	±125μm	
焦点漂移准确度	±50μm	±50μm	
接口方式	GigE Ethernet	GigE Ethernet	
仪器尺寸	406.4mm×177.8mm×88.9mm		

2.4.2 BeamWatch Integrated

BeamWatch Integrated 在 BeamWatch 基础上，在特定位置集成了功率探头，可以实时在线测量激光的焦点分布和功率。BeamWatch Integrated 分别为 150/500 两个型号，功率探头距离焦点的距离分别为 150mm 和 500mm。



适用波长	980 - 1080nm
束腰直径精度	$\pm 5\%$
束腰位置精度	$\pm 125\mu$ m
相机视场	32.17mm $\times$ 8.55mm
最大光束口径	12.5mm
焦点漂移精度	$\pm 50\mu$ m
BPP 精度	$\pm 3.5\%$ rms
发散角精度	$\pm 3.5\%$ rms
M ² 精度	$\pm 3.5\%$ rms
气体充灌	干燥气体（空气，氮气，氩气），5~10L/min，6bar
功率测量范围	500W ~ 9999W（可订制 30kW 级） 10kW/cm ² ，<15mm 光束
功率探头处最大功率密度	7kW/cm ² ，15 - 20mm 光束 5kW/cm ² ，20 - 40mm 光束 4kW/cm ² ，40 - 45mm 光束
功率探测响应时间	最大 2.7s（9999W）
背散射	<1%

2.4.3 BeamWatch[®] AM 增材制造专用激光焦点分析系统

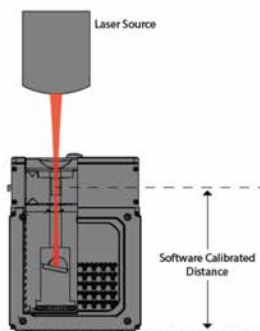


BeamWatch AM 是一款集成的激光测量系统，用于测量激光增材制造系统的关键激光束参数。包括腰（焦点）宽度和位置、焦点变化、重心、 M^2 、瑞利长度、倾角等。BeamWatch AM 测量技术是基于激光在传播时，空气中氧和氮分子对激光产生瑞利散射。对这种散射光的测量提供了对激光束在观察视图方向上的分析。同时 BeamWatch AM 内部集成了一个功率计，可测量激光功率。

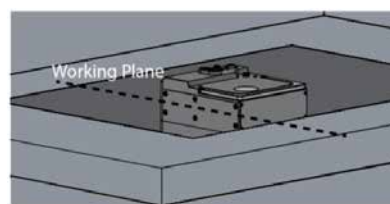
主要特点：

- 光束腰尺寸最小 $50\mu\text{m}$ ；
- 功率级范围为 30W 至 1000W 以上；
- 可测量激光焦点宽度、位置、漂移以及倾斜角度等；
- 支持实时在线测量；
- 包含功率测试功能；

主要参数	BeamWatch AM
波长范围	1060-1080nm
功率范围	30W-1000W
最小功率密度	1.5MW/cm ²
最小焦斑大小	50 μm
最大入射口径	6mm
接口方式	USB3.0
仪器尺寸	178.57mm x 126mm x 181.92mm



产品结构示意图



BeamWatch AM 使用示意图

2.4.4 BeamPeek 增材制造激光分析系统



BeamPeek 集成了激光采样光路，CCD 光束分析仪，激光功率计，体积紧凑可直接放置于工位，在近场或焦点处直接探测激光功率以及分析激光光斑，采用被动散热，可测量最大 1000W 的增材加工激光不大于 2 分钟，然后自然冷却后进行下一轮测试。

型号	BeamPeek
波长范围	532nm;1030-1080nm
功率测试范围	10-1000W
可持续测试性	<2min at 1000W
光斑大小	34.5 μm -2mm
焦长范围	150-800mm

2.5 高精度焦点分析仪

以超快、紫外激光加工和表面处理为代表的激光应用已经进入了微纳尺度。激光焦点光斑的尺寸、形状以及光束质量直接决定了加工精度和加工质量。Zolix 卓立汉光 FSA (Focal Spot Analyzer) 系列激光焦斑分析仪是专门为高要求的激光应用开发的焦斑参数分析系统，适用于百飞秒、皮秒、纳秒、CW 激光。

FSA 系列焦斑分析仪有效整合了采样镜，高分辨率、高成像质量和高损伤阈值的物镜系统，高倍率衰减光路和专业的光斑分析仪等。精密的机械加工造就了抗干扰的光路系统，能够避免繁琐耗时的外光路搭建和调试。同时在选件和选材上充分适应各类用户的实际应用和实际环境，避免了大量低效益的支出，具有极佳的性价比。整机结构紧凑，小巧坚固；存放、移动和安装十分便捷。可用于多个机台灵活测试，也可用于长期实时监控机台变化。模块化的结构可为客户提供各种灵活实用的定制型号

焦斑分析仪简介

- 综合考虑了整体空间利用率、偏振不敏感以及对镜头的保护等因素。
- 采用 35mmJGS1 熔石英双楔，有效通光孔径大于 20mm，偏振方向不敏感。
- 一个或多个高品质镜头，确保测试精准。
- 内部免调试固定光路，标配四维线性平移台，可选二维旋转台，也可单买主体部分。
- 标配定位转接板，拥有四种安装方向。
- 软件包含完整的 ISO 标准功能：
 - (a) 一维、二维彩色、四维直观显示焦斑形貌，优劣即时了解；
 - (b) 出厂放大率校准，直读焦斑尺寸；
 - (c) 完整的光斑参数计算功能：直径、中心、重心、椭圆度、功率 / 能量密度计算（需要 Ophir 的功率计 / 能量计配合）；
 - (d) 可选配：高斯拟合、焦点位置稳定性测试等。
- 特色功能：软硬件支持焦距微调能力，我方工程师和客户可籍此现场矫正实际放大率，适应由于波长变化、中性片光程差异或其他原因导致的放大率变化，确保测量精准。

2.5.1 STD 型焦斑分析系统



- 功率密度 / 能量密度较大，NA 小于 0.05（约 3° ），且焦点之前可利用距离大于 100mm，应当考虑使用本型号。
- L 型焦斑分析系统的标准版，采用双楔，镜头在双楔之间。
- 综合考虑了整体空间利用率、对镜头的保护等因素。
- 可进一步升级成为双楔在前的型号，以应对特别大的功率密度 / 能量密度。
- 合适用户：科研和工业的传统激光用户，高功率高能量激光用户，超长焦透镜用户，小 NA 客户。

型号	FSA-10L-1064-STD	FSA-20L-1064-STD	FSA-10L-532-STD	FSA-20L-532-STD	FSA-10L-351-STD
适用波长范围 (nm)	980-1130nm	980-1130nm	495-570nm	495-570nm	325-380nm
标称放大率	10x	20x	10x	20x	10x
有效入瞳 (mm)			20mm		
像素分辨率 (μm)	0.690 μm	0.345 μm	0.690 μm	0.345 μm	0.721 μm
推荐最小焦斑 1(μm)	19.5(3.45) μm	12.0(1.73) μm	10.0(3.45) μm	6.0(1.73) μm	5.0(3.61) μm
推荐最大焦斑	353.28 μm	176.64 μm	353.28 μm	176.64 μm	369.18 μm
输入取样	JGS1				
配备吸收衰减 (OD)	0.3, 0.7, 1, 2, 3, 4				0.1, 0.2, 0.3, 0.7, 1, 2
最大衰减率	<10 ⁻¹¹				
楔形镜连续光阈值	>90kW/cm ² @1064nm		>45kW/cm ² @532nm		>30kW/cm ² @355nm
楔形镜 20ns 脉冲阈值	>15J/cm ² @1064nm		>11J/cm ² @532nm		>8.7J/cm ² @355nm
物镜脉冲激光阈值	20 J/cm ²		15 J/cm ²		10 J/cm ²

2.5.2 02 型焦班分析系统



- 功率密度 / 能量密度较小，或 / 和 NA 大于 0.05 (约 3°)，或 / 和焦点之前可利用距离小于 100mm，应当考虑使用本型号。
- 比 STD 更好调节；物镜更容易打坏。
- L 型焦班分析系统，采用双楔，镜头在双楔之前。如遇弱光，可定制将双楔换为双反射镜。
- 02 型机架不用匹配镜头尺寸，通用，可按需选择镜头。
- 非常方便对焦。
- 合适用户：使用小于 100mm 透镜甚至显微镜镜头做物镜的用户（表面精密加工）；LD/LED+ 微透镜的生产线做质检

型号	FSA-10L-	FSA-20L-	FSA-50L-	FSA-50L-	FSA-10L-	FSA-20L-	FSA-50L-	FSA-10L-	FSA-15L-
	1064-02	1064-02	1064-02	850-02	532-02	532-02	532-02	351-02	351-02
适用波长范围 (nm)	980-1130		790 – 910		495-570		325-380		
标称放大率	10x	20x	50x	50x	10x	20x	50x	10x	15x
物镜工作距离 (mm)	15	6	2.3	2.3	15	6	2.5	15.4	8.5
像素分辨率 (μm)	0.69	0.345	0.138	0.138	0.69	0.345	0.138	0.721	0.46
物镜数值孔径	0.25	0.4	0.65	0.65	0.25	0.4	0.6	0.24	0.31
推荐最小焦斑 1(μm)	19.5(3.45)	12.0(1.73)	7.5(0.69)	6.0(0.69)	10.0(3.45)	6.0(1.73)	4.0(0.69)	5.0(3.61)	5.0(2.30)
推荐最大焦斑 (μm)	353.28	176.64	70.656	70.656	353.28	176.64	70.656	369.18	235.52
配备吸收衰减 (OD)	0.3, 0.7, 1, 2, 3, 4							0.1, 0.2, 0.3, 0.7, 1, 2	
最大衰减率	<10 ⁻¹¹								
物镜脉冲激光阈值 4	20 J/cm ²			20 J/cm ²	15 J/cm ²			10 J/cm ²	

2.5.3 激光采样衰减器

LS-V1 单楔激光采样模组 	特点： • 20mm 大通光孔径。 • 内置单片 JGS1 熔石英楔形镜采样片。 • 易于拆卸和更换的楔形镜架。 • 标称使用波段 190-1100nm。其他波段可定制。 • 633nm 处 P 光采样率 0.6701%；S 光采样率 8.1858%。 • 355nm 处 P 光采样率 0.7433%；S 光采样率 8.6216%。 • 其他波段处的采样率可索要参考数值。 • 前端配模组母接口； • 后端配模组公接口及 C-Mount 外螺纹接口。
DLS-BB 双楔激光采样模组 	特点： • 15mm 通光孔径，体积紧凑。 • 内置两片互相垂直的 JGS1 熔石英楔形镜采样片，无需考虑偏振方向。 • 标称使用波段 190-1100nm，其他波段可定制。 • 633nm 处采样率 0.05485%。 • 355nm 处采样率 0.06408%。 • 其他波段处的采样率可索要参考数值。 • 后端可配 C-Mount 外螺纹接口。
STA-C 系列 可堆叠 C 口衰减器 	特点： • 18mm 大通光孔径。 • 输入端为 C-Mount 内螺纹，输出端为 C-Mount 外螺纹。 • 镜片有 1° 倾角，因而可以堆叠使用。 • 标称使用波段 350-1100nm。 • OD 值以 532nm 处标识。用于其他波段可索要参考的数据，包括 OD 和透射率随波长不同的参考值。

	STA-C 系列 可堆叠 C 口衰减器				
	型号	ND1	ND2	ND3	使用推荐
	STA-C-0.1-BB	0.12	0.10	0.35	较少用于 >400nm 波段
	STA-C-0.2-BB	0.11	0.21	0.20	较少用于 >400nm 波段
	STA-C-0.3-BB	0.77	0.27	0.60	推荐 350-1100nm 波段
	STA-C-0.6-BB	1.25	0.61	1.49	推荐 350-1100nm 波段
	STA-C-0.7-BB	1.21	0.72	1.73	推荐 350-1100nm 波段
	STA-C-1-BB	1.32	1.02	2.20	推荐 350-1100nm 波段
	STA-C-2-BB	2.31	2.07	4.40	推荐 350-1100nm 波段
	STA-C-3-BB	3.22	3.00	8.00	较少用于 <400nm 波段
	STA-C-4-BB	4.58	4.06	7.00	较少用于 <400nm 波段
	ND1:1064nm 处中性密度值				
	ND2:532nm 处中性密度值				
	ND3:355nm 处中性密度值				

VAM-C-BB VAM-C-UV1 可切换式衰减模组	特点： 18mm 通光孔径。 - 标准品提供两组四片可推拉式切换的中性密度滤光片。 - 用于需要快速改变衰减率的测量过程。 - BB 表示宽波段，即 400-1100nm，提供 1+2、3+4 两组四片中性密度滤光片镜组。 - UV1 表示紫外波段，即 350-400nm，提供 0.1+0.2、0.3+0.7 两组四片中性密度滤光片镜组。 - 输入端为 C-Mount 内螺纹，输出端为 C-Mount 外螺纹。
-----------------------------	--

AM-BB AM-UV1 衰减模组	特点： 20mm 大通光孔径。 - BB 表示宽波段，即 400-1100nm，提供四个插槽和 0.3、0.7、1、2、3、4 六组中性密度滤光片镜组。 - UV1 表示紫外波段，即 350-400nm，提供四个插槽和 0.1、0.2、0.3、0.7、1、2 六组中性密度滤光片镜组。 - 前端配模组母接口； - 后端配 C-Mount 外螺纹接口。
-------------------	--

SAM-BB-V1 SAM-UV1-V1 采样衰减模组	特点： 20mm 大通光孔径。 - 内置单片 JGS1 熔石英楔形镜采样片，633nm 处 P 光采样率 0.6701%；S 光采样率 8.1858%。 - BB 表示宽波段，即 400-1100nm，提供四个插槽和 0.3、0.7、1、2、3、4 六组中性密度滤光片镜组。 - UV1 表示紫外波段，即 350-400nm，提供四个插槽和 0.1、0.2、0.3、0.7、1、2 六组中性密度滤光片镜组。 - 前端配模组母接口； - 后端配 C-Mount 外螺纹接口。
-----------------------------	---

DSAM-BB DSAM-UV1 双楔采样衰减模组	特点： 15mm 通光孔径，体积紧凑。 - 内置两片互相垂直的 JGS1 熔石英楔形镜采样片，633nm 处采样率 0.05485%；无需考虑偏振方向。 - BB 表示宽波段，即 400——1100nm，提供四个插槽和 0.3、0.7、1、2、3、4 六组中性密度滤光片镜组。 - UV1 表示紫外波段，即 350——400nm，提供四个插槽和 0.1、0.2、0.3、0.7、1、2 六组中性密度滤光片镜组。 - 后端配 C-Mount 外螺纹接口。
---------------------------	---

3. 波前位相测试

光束传输中的“波前”通常指等相位面的几何位形，“波前畸变”则指的是该几何位形与高斯光束波前面型的差异。而波前位相畸变则指在传输横截面上的位相分布与理想高斯光束截面位相分布的差异；大多数时候这两个概念可以等效使用。

通常而言，波前位相偏离理想光束会导致发散角变大、聚焦性能变差、成像质量变差等。

如果准确地知道光在某个截面上的振幅和位相分布，那么光在之前、之后的传输特性均严格可知，所以在激光研究和应用中，对波前位相进行测量是一种完整地评估光束质量的方法；而常规的光斑分布测量、发散角测量、 M^2 测量则只能给出部分的信息。

测试方法	测试地点	获得信息	缺点
光斑分析仪	近场光强分布	只能得到近场强度分布	完全不知道光束的可聚焦性能
焦斑测量 (Strehl Ratio, 能量集中度等)	焦点处的光强分布	可大致知道可聚焦性能、与理想光束的偏离以及像差粗略评价	无法知道焦深、各阶像差系数等 测试结果受振幅分布影响
M^2 测试	焦点前后的光束孔径	与理想光束的偏离	无法知道各阶像差的影响
波前位相测量	任意位置	完整获得激光的传播信息	低重频、不稳定激光无法测试 成本较高，数学较复杂

波前位相测试可用如下领域：

- 激光领域：超高能激光合束及光束质量评估；工业激光质量评估，包括光强分布、束腰尺寸及位置、发散角、Strehl 比、 M^2 、 β 因子等测量，还能做特殊的单发激光器 M^2 测试分析等；量子计算等光学系统里的光路对准及波前测量等；
- 光学制造领域：光学元器件的组装，包括光学系统装配计量，实时光学对准，在轴 / 离轴特征分析，如 MTF/PSF 的自动测量；
- 微纳材料加工领域：超表面超透镜性能测试；3D 表面形貌测量；光波导测量和折射率 mapping；激光损伤阈值计量；
- 显微成像领域：通过定量相位成像技术，提供生物科学和材料科学的应用，例如：细胞学应用，光热成像，材料折射率变化 mapping，超材料计量，梯度指数 (GRIN) 光学等；激光等离子体密度测量；气体密度测量；
- 消费类电子产品领域：AR/VR 里的超透镜测试、光学元件准直和校准；智能手机里的成像镜头质量控制、镜头集成优化、非成像传感器质量控制；
- 天文航空领域：激光导星全参数测量；天文望远镜对准；变形镜计量；
- 汽车制造领域：自动驾驶里的挡风玻璃、激光雷达窗片、滤波器的透射波前误差测量；自动驾驶 ADAS 激光雷达系统测量；自动驾驶 ADAS 物镜基准确化计量；
- 半导体加工领域：半导体加工生产系统里的光路对准及系统计量；

3.1 波前传感器 SID4

简介

波前传感器用于测量激光波前的位相。其测量方式是将激光截面光斑分割为若干个小区域（取样），每个小区域经过特定的位相元件，将位相信息转化成空间信息并由成像器件探测；成像器件探测到的图像经过反演即可获得激光传输截面上位相的分布。

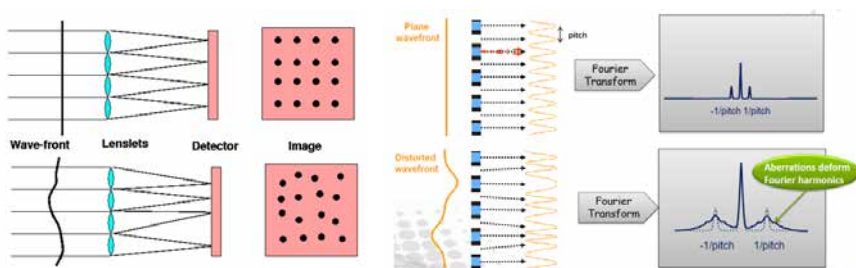
多年以来哈特曼光阑 (Shack Hartmann Mask) 被广泛用于波前传感，其取样元件是微透镜阵列。激光传输截面上，在波前倾斜的位置，波矢方向也会发生变化（波矢总是垂直于等相面），将导致激光经过微透镜后的焦点发生偏移，其偏移量正比于取样点位相的空间变化率。

这种波前传感方式的缺点主要是：

- 成像器件 (CCD) 需要最少 16 个像素才能计算焦点的重心，导致分辨率（对位相在空间的取样率）有限；
- 微透镜有色散，对不同波长的焦距不同，而位相检测要求严格地测量焦点位置，故一台传感器只适合很小的波长范围，且不适合宽带宽激光（如超宽脉冲激光）；
- 对于畸变较大 / 波前曲率较大的光束，焦斑可能跃出成像器件上的限定范围，导致无法测量；同理，也不适合倾斜波前（斜入射）测量。

法国 PHASICS 公司推出的四波剪切干涉波前传感器，采用二维位相光栅取代微透镜阵列，利用一阶干涉信号的傅里叶变换复原波前位相，将波前传感的性能提升到新的高度：

- 高空间分辨率，可达 852×720 （哈特曼光阑通常 $<100 \times 100$ ）；
- 高动态范围可达 $500\mu\text{m}$ ，可直接测量球面波，可在光束任意角度、任意位置测量；
- 无色散，响应波长范围只取决于相机，可测量宽带光源、空间啁啾光源；
- 对近场强度分布不敏感；
- 单次测量可同时获得位相和振幅分布；通过严格的数学，单次测量可获得 M^2 、像差系数、发散角、焦斑及焦深等完全信息；
- 可达 10nm ($\lambda/63$ @ 632.8nm) 位相精度， 1nm 位相分辨率。



波前测试原理；左：哈特曼光阑；右：四波剪切干涉

PHASICS 公司提供 SID4 系列波前传感器，覆盖紫外 ~ 中远红外波段，主要应用包括：

- 激光：激光光束质量测量、自适应光学、激光系统准直、气体与等离子体密度测量；
- 光学计量：镜头与镜头组检测、光学系统准直、表面面型分析、广角视场镜头检测、滤光片及偏振片表征、特种波长光学元件表征、超表面及超透镜测量、外场 / 真空等环境波前计量；
- 定量相位成像：细胞学、组织学；
- 微纳材料检测：三维表面分析及断层扫描、光波导结构及折射率分析、激光损伤阈值测量、纳米结构与光热

1) 可见光波段波前传感器

SID4 系列适用 400nm ~ 1100nm 波长的波前位相测试。



型号	口径 mm	分辨率	取样像素 μm	波段范围 nm	位相精度 nm	位相分辨率 nm	其他
SID4	5.02×3.75	182×136	27.6	400-1100	10	2	
SID4-HR	9.98×8.64	416×360	24.0	400-1100	20	2	
SID4-UHR	15.3×15.3	554×554	27.6	400-1100	15	5	
SID4-sC8	16.6×14	852×720	19.5	400-1050	10	2	
SID4-BIO	9.98×8.64	416×360	24.0	400-1100	CF	upto 0.2	显微镜适配
SID4-HR-V	9.98×8.64	416×360	24.0	400-1100	20	2	真空适配

2) 紫外波段波前传感器



型号	口径 mm	分辨率	取样像素 μm	波段范围 nm	位相精度 nm	位相分辨率 nm
SID4-UV	7.8×7.8	300×300	26.0	190-400	15	2
SID4-UV-HR	13.3×13.3	512×512	26.0	190-400	20	2

3) 红外波段波前传感器



型号	口径 mm	分辨率	取样像素 μm	波段范围 μm	位相精度 nm	位相分辨率 nm
SID4-SWIR-HR	9.6×7.68	160×128	60.0	0.9-1.7	15	2
SID4-SWIR	9.6×7.68	80×64	120.0	0.9-1.7	40	6
SID4-eSWIR	9.6×7.68	80×64	120.0	0.9-1.7	40	6



型号	口径 mm	分辨率	取样像素 μm	波段范围 μm	位相精度 nm	位相分辨率 nm
SID4-DWIR	10.1×8.2	160×120	68.0	3-5; 8-14	75	25
SID4-LWIR	16×12	160×120	100.0	8-14	75	25

4) 超快速波前传感器

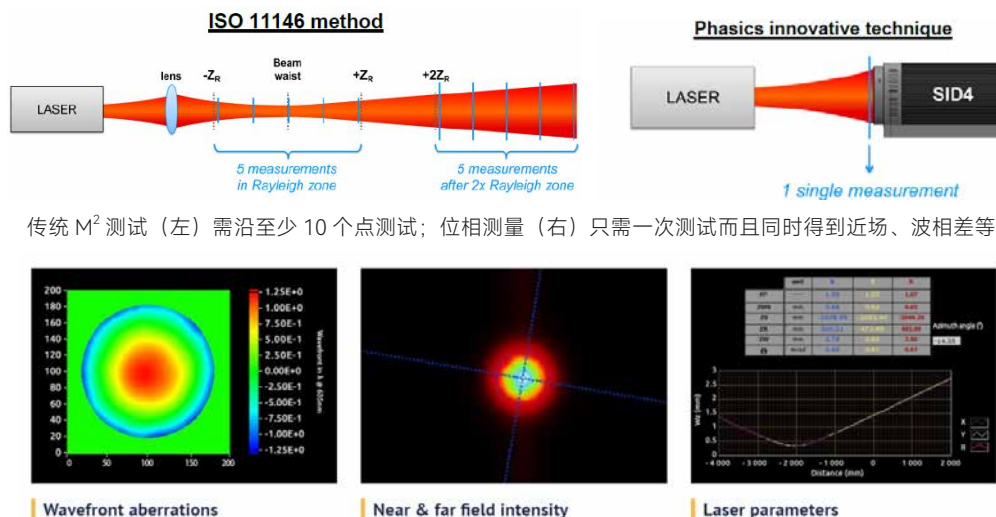


型号	口径 mm	分辨率	取样像素 μm	波段范围 nm	满幅帧速 fps	"位相分辨率 nm"
SID4-FAST	25.6×16	426×266	60	400-1100	7500	2

3.2 SID4 用于激光测量

激光光束质量评估

SID4 几乎可在激光传输路径中的任意位置、以任意角度、测量各种激光（包括球面传输的激光，如光纤出光、聚焦透镜后的激光）的波前位相和振幅，并得到完整的传输特性。所有这些测试都只需要一次曝光。适用于紫外 ~ 中远红外激光。

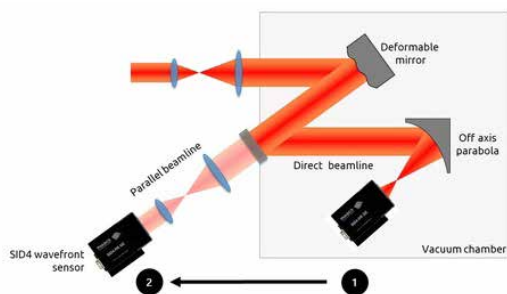


传统 M^2 测试（左）需沿至少 10 个点测试；位相测量（右）只需一次测试而且同时得到近场、波相差等

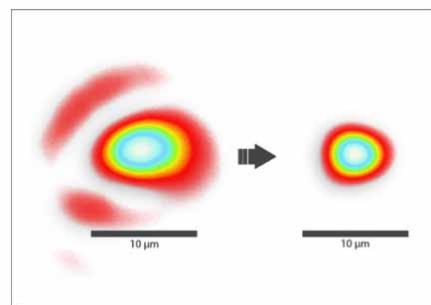
激光测试：波前（左）、近场光斑、传输与 M^2

自适应光学

受益于四波剪切方法可以测量发散光束的特征，强激光自适应光学系统中，SID4 可以直接放置于聚焦元件之后，使得像差测量包含聚焦元件的面型波差。其中 SID4-V 可以置于真空靶室内。



传统（位置 1）与 SID（位置 2）自适应光学焦点优化取样点示意



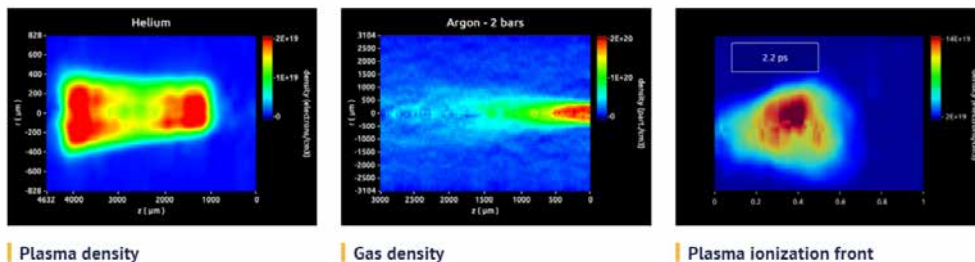
传统方式（左）与 SID4（右）自适应光学所获得的光斑效果

气体与等离子体密度检测

SID4 系列具备高精度检测相位变化的能力，即使稀薄的气体或等离子体引入的相位变化也可灵敏地检测到。这个特性可以用来测量喷嘴的喷气密度或激光等离子体、放电等离子体的密度分布。



喷气密度（上）及激光等离子体（下）密度成像



等离子体密度（左）、气体密度（中）、等离子体电离前沿（右）成像

3.3 传递函数（MTF）测试系统



优势：

- 单发测量
- 全自动测量
- 离轴测试无需重新准直
- 易于准直
- 自动对焦
- 手动 / 电动样品架
- 支持多样品架
- 精度与干涉仪对等
- 直至截止频率的 MTF 测量
- 多波长测试
- 高品质准直光源
- 多光轴测试

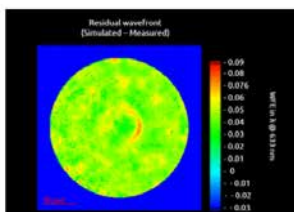
Kaleo MTF 工作站是专为成像镜头研发、生产而设计的全自动 MTF 测试系统，可用于镜头设计、原型制作、生产质检等各个步骤。Kaleo MTF 综合了干涉仪和传函仪的功能，提供完整的镜头特性评估：同轴 / 离轴 MTF、相对照度、多种波长下的波差；即使在高主光线角（CRA）和大视场角（FOA）的条件下，仍可保持高精度。

Kaleo MTF 配备全套自动机构，可自动实现进出料、多样品切换选择、离轴测试等。

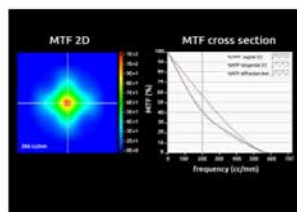
MTF 共轴测量精度 / 可重复性	<1% / <0.5%
MTF 离轴测量精度 / 可重复性	<2% / <1%
MTF 最大截止频率	1,000cc/mm
EFL 精度 / 可重复性	1% / 0.5%
畸变精度 / 可重复性	1% / 0.5%
OPD（在轴）精度 / 可重复性	20nm rms / 5nm rms
场曲精度 / 可重复性	<5 μ m / <1 μ m
光路结构	有限 - 无限远
波长范围	400 - 1100nm / 900 - 1700nm / 3 - 5 μ m / 8-14 μ m
入瞳直径	可达 8.8mm
口径范围	2 ~ 200mm
F#	>1.8
焦距范围	5 ~ 500mm
法兰距	8 ~ 30mm
视角	$\pm 120^\circ$
光轴	0, 90, 180, 270°, 电动调节

功能：

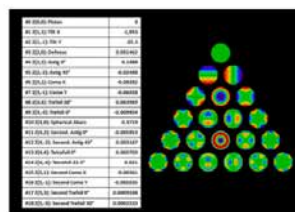
- 在轴 / 离轴 MTF
- Through focus MTF
- 透过波相差
- 泽尼克多项式系数
- 镜头参数 : EFL, F#
- 镜头出瞳 OPD
- 像散
- 畸变
- 场曲
- 相对照明



Wavefront comparison to design

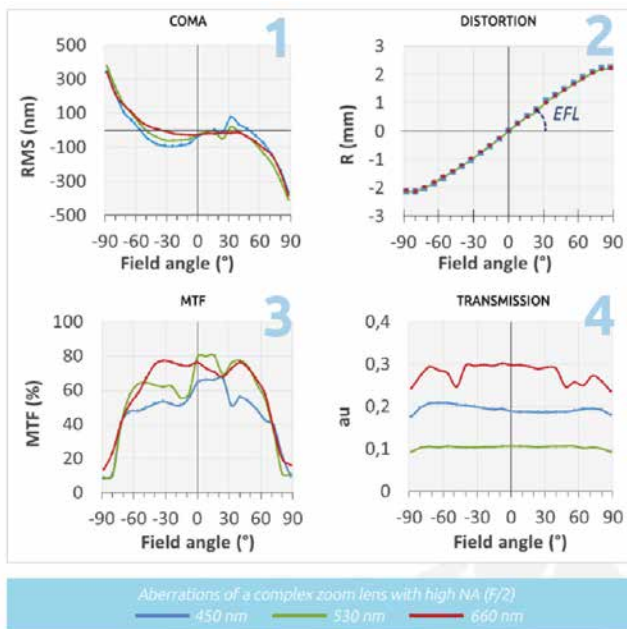


MTF at any frequency, on & off axis



Optical aberrations

波差测量（左），MTF 测量（中），像差分析（右）



不同波长的彗差、畸变、MTF、透过率曲线

3.4. 动态干涉仪

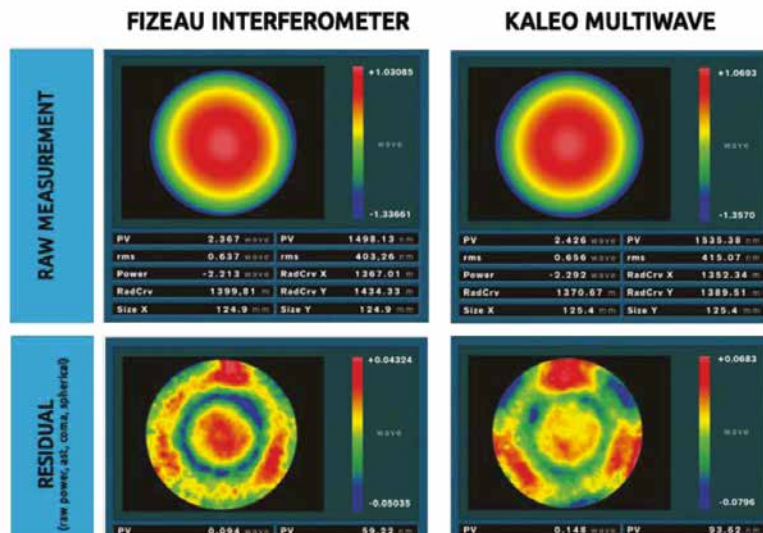


- 紫外、可见、近红外、短波红外、中远红外等多个波长可订制
- 纳米级位相分辨率
- 超高动态范围, >600 条纹数

有别于基于传统 Fizeau 干涉仪的方法, 采用位相检测方法直接构建的动态干涉仪既不需要移动待测元件多次曝光, 也不需要采用偏振等复杂的光学手段, 针对待测元件进行一次测量即可获得其反射面型或透过波差; Kaleo-Multiwave 多色动态干涉仪可用于光学元件面型检测、透过波差测试、大型望远镜系统测试及实时调整等。大动态范围像差测试能力使其可测平面 / 球面波而无需中继镜, 无色差检测能力允许使用多个波长甚至白光进行测试。

Kaleo-Multiwave 集成了可切换波长的准直光源, 可以对大口径镜片进行直接或对比测量。

光路结构	双通路测试
测量能力	反射波前面型测量, 透射元件波差测量
光源	标准 :1/2 路工作波长, 最高可集成 8 路波长
波长选择	193nm ~ 14μm, 如 266、355、405、550、625、780、940、1050nm, 红外 1.55、2、3.39、10.6μm 等
有效口径	5.1", 130mm
光学中心高度	108mm
对准功能	实时相位 / 泽尼克多项式显示
视场角对准范围	±2°
可调对焦范围	±2.5m
使用环境	无需隔振
RMS 可重复性	<0.7 nm
测量精度	80nm p-v
动态范围 (离焦值)	500 条纹 (SFE = 150μm)
可测反射率范围	4% ~ 100%



Fizeau 干涉仪 (左) 与 Kaleo-MTF (右) 测试镜片结果比较

3.5 自定义光学计量方案

高性能光学元件 / 光学系统是多种多样的。PHASICS 提供基于 SID4 波前传感器、R-Cube 光源及双路分光模块、成像模块等构建的组合测试方案，方便用户根据待测物的特性（如口径、焦距等）订制光学计量系统。

1) R-Cube



R-Cube 是一个双通路光源模块，具备激光入口、准直光出口、位相传感器适配口，内置高品质分光镜及准直器。

可根据要求选择光源波长，高品质准直光源通过出瞳后可用于待测元件照明。经出口返回 R-Cube 内部的光由 SID-4 位相传感器测量。

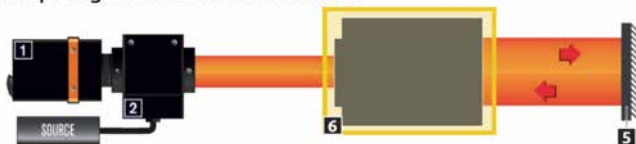
出瞳光束可配置物镜构成点光源 / 球面光束，或扩束器以实现大口径光斑。

- 兼容 SID4/ HR/ UV/ SWIR/ SWIR-HR/ DWIR 等传感器
- 有效光束口径：与传感器匹配
- 可选光源：365~3900nm 多种波长
- 校准镜光学质量： $\lambda/20$ @ 632.8nm
- 位相分辨率： $<2\text{nm rms}$

测试光路

典型光学元件计量的光路可以 R-Cube 和 SID4 为核心灵活搭建：

Telescope alignment and characterization



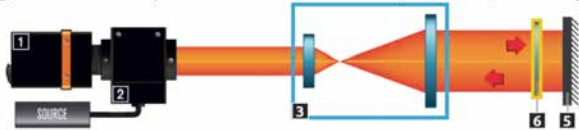
望远镜评估与校准

Concave mirror measurement



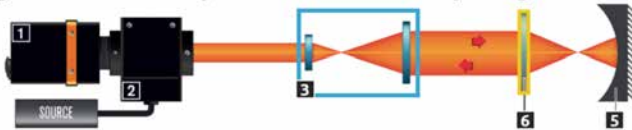
凹面镜计量

Large diameter flat optics characterization: Filters, Windows, Polarizing optics



大口径平面透射元件计量

Large diameter lens & objective measurement in any configuration



大口径透镜 / 物镜计量

Off-axis lens measurement



离轴透镜测量

(以上各图中：1 - SID4 波前传感器；2 - R-Cube；3 - 扩束器；4 - 聚焦物镜；5 - 标准 / 参考镜面；6 - 待测件)

搭建步骤

用户只需要四步构建专属测试系统：

第一步，选择 SID4 传感器：

型号	波段 nm	分辨率
SID4-UV	250-400	250×250
SID4	400-1100	160×120
SID4-HR	400-1100	400×300
SID4-SWIR	900-1700	80×64
SID4-SWIR-HR	900-1700	160×128
SID4-DWIR	3000-5000	160×120

第二步，选择 R-Cube 光源：

365, 405, 530, 625, 740, 780, 810, 850, 940, 1050, 1550, 3900nm，并提供其它波长订制；

第四步，光束调整部件及参考镜

准直镜可选口径 mm	聚焦镜可选 F#
8	0.6
15	1
30	1.6
60	2.5
130	5
	10

用户可在灵活选择后自行组件光学计量系统，也可由 PHASICS 设计底板、外壳后整机交付：



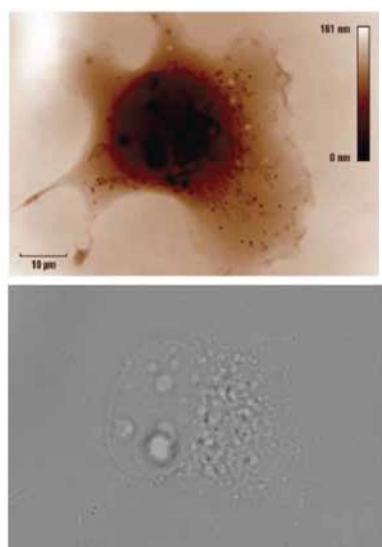
3.6 定量位相成像

相衬成像是生物领域广泛使用的技术，可以对吸收均一但折射率有起伏的样品进行无标记成像。

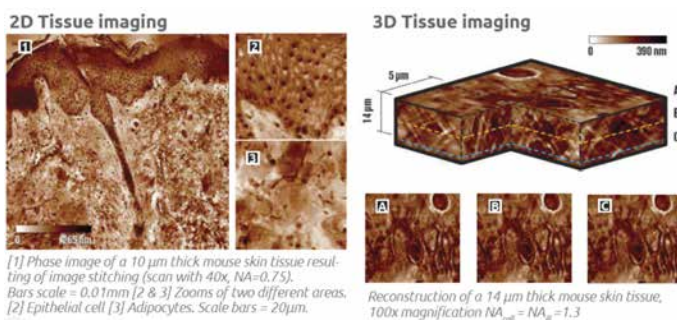
有别于传统的相衬成像（在显微成像系统中插入位相板）只能展现位相突变边界处的结构，定量位相成像可以高分辨率完整地检测样品位相的细微变化，充分利用生物细胞、组织等的相位衬度；同时，还能通过位相变化测量其他样品的表面深度、折射率变化等。定量位相成像是一种有非常大潜力的成像技术。



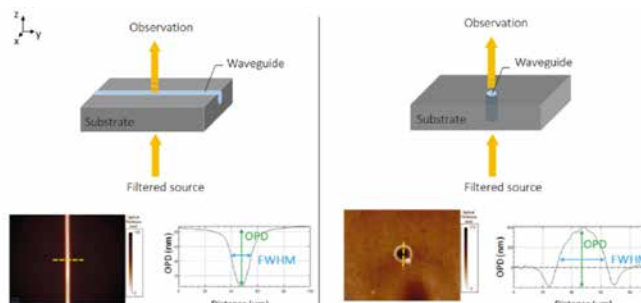
PHASICS SID4 Element 是 1:1 高分辨率的位相成像组件，可直接插入用户的成像系统与已有相机中间，将传统成像系统改造为定量位相成像系统；SID4-sC8 则是一体式位相传感器，为适合生物用户需求，采用了大面阵、高分辨率、高动态范围、高灵敏度的 sCMOS 相机。



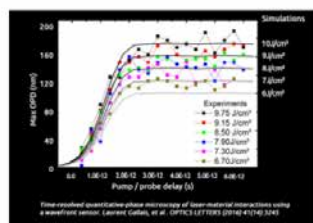
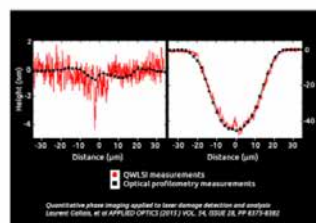
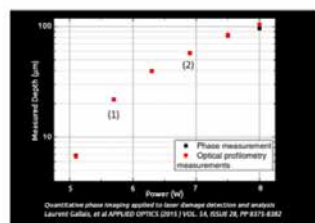
细胞定量位相成像（左）和明场显微像（右）



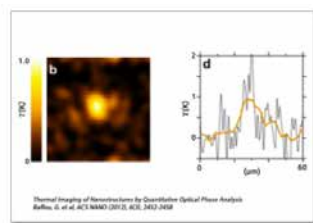
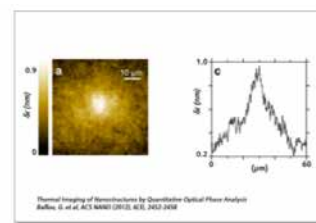
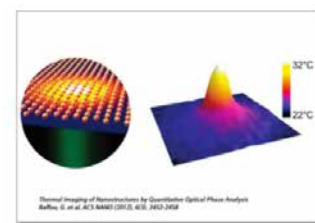
定量位相成像 CT（组织四维成像）



透明波导折射率分布横向与截面测量



位相成像用于激光损伤研究——损伤的更早诊断



微纳结构光热成像——通过反射位相变化测量温度分布

4. 激光波长计及频谱仪

在激光器应用中，波长及光谱的测量涉及跨度很大的光频谱分析：从 <kHz（1kHz ~ 3.3×10^{-9} nm @ $1\mu\text{m}$ 中心波长）甚至更窄的线宽，到超快激光上百 nm 带宽的光谱。除 <MHz 线宽的激光器一般采用较为复杂的自外差方法测量外，常规基于干涉仪的激光波长计、频谱仪可满足窄线宽激光的测量要求，而对于宽带宽激光则可使用光栅光谱仪。

激光波长 / 频谱的测试应用场景包括：

- 光通讯载波的波长和线宽； DWDM 波长分布；
- 原子分子物理中超窄线宽激光器的初测；
- 超快激光器光谱分析；
- 通讯 / 传感载波的边模和噪声分析；
- 干涉 / 全息等应用对激光器线宽的精确测量；
- 医疗激光认证及检验检疫；
- TDLAS/ 遥感遥测中激光器频率的实时测定；
- 激光器研发、制造、质检；
-

先锋科技提供基于迈克尔逊干涉仪、菲索（Fizeau）干涉仪的激光波长计、光频谱仪产品，以及光栅光谱仪产品。

4.1 BRISTOL 激光波长计及频谱仪

美国 Bristol 公司团队和技术源自老牌波长计厂家 Burleigh，是世界上著名的高精度激光波长计生产厂商，具有超过二十年激光波长计研发生产经验。

干涉式波长计采用迈克尔逊干涉仪或菲索干涉仪，通过待测激光干涉条纹与干涉臂位移关系的测量来测定激光波长。干涉仪的精度由已知确定波长的标准激光器校准。

得益于内置标准波长激光实时校准，Bristol 激光波长计具备业界领先的热机速度而且无需定期校准；大多数波长计采用光纤输入或可选配光纤输入，免去干涉仪需要精确准直的烦恼。所有机型采用 USB 与电脑连接，但其干涉信号处理均在波长计内部完成，只有计算结果传输至电脑，从而实现较高的数据采样率。

1) 连续激光波长计 -671 系列



671 系列是通用性激光波长计，可测量可见 ~ 红外连续或准连续激光。

产品特点：

- 用于测量连续激光或者准连续激光器，绝对准确度高达 $\pm 0.2\text{pm}$ ；
- 内置稳频 HeNe 激光器实时校准，可以防止震动、温度变化对波长计的影响，完全无需人工干预；
- 工作范围 375nm- $5\mu\text{m}$ ；671B 可达 $12\mu\text{m}$
- 具有检测输入激光功率的功能
- 便捷的预准直光纤输入口；

主要参数指标

型号	671A	671B
被测激光类型	连续激光或准连续激光（重频 >10MHz）	
波长范围	VIS:375-1100nm NIR:520-1700nm IR:1- $5\mu\text{m}$	VIS:375-1100nm NIR:520-1700nm IR:1- $5\mu\text{m}$ MIR:1.5- $12\mu\text{m}$
绝对测量精度	$\pm 0.2\text{ppm}$ $\pm 0.0002\text{nm}@1000\text{nm}$ $\pm 0.002\text{cm}^{-1}@10,000\text{cm}^{-1}$ $\pm 60\text{MHz}@300,000\text{GHz}$	$\pm 0.75\text{ppm}$ ($\pm 1\text{ppm}$ for MIR) $\pm 0.0008\text{nm}@1000\text{nm}$ $\pm 0.008\text{cm}^{-1}@10,000\text{cm}^{-1}$ $\pm 225\text{MHz}@300,000\text{GHz}$
重复测量精度	VIS/NIR: $\pm 0.03\text{ppm}$ ($\pm 0.03\text{pm}@1\mu\text{m}$) IR: $\pm 0.06\text{ppm}$ ($\pm 0.2\text{pm}@3\mu\text{m}$)	$\pm 0.1\text{ppm}$ ($\pm 0.1\text{pm}@1000\text{nm}$)
内置校准光源	稳频 HeNe 激光器	标准 HeNe 激光器
显示位数	9 位	8 位
显示单位	nm, μm , cm^{-1} , GHz, THz	
最大输入带宽	1GHz	10GHz
最小输入功率	VIS: 10-500uW NIR: 5-225uW IR: 65-750uW MIR: 120-925uW	
测量速率	4 Hz(VIS/NIR) 2.5Hz(IR)	10Hz(VIS/NIR) 2.5Hz(IR/MIR)
输入方式	VIS/NIR: 光纤输入 IR/MIR: 准直光输入（带指示光）或光纤输入	
预热时间	< 15 分钟	无需预热
体积 (H×W×L)	VIS/NIR: 142mm×165mm×381mm IR/MIR: 191mm×165mm×381mm	

2) 脉冲激光波长计 -871 系列



871 系列脉冲激光波长计的特点是既可以测量连续激光也可以测量脉冲激光，可达 $\pm 0.2\text{pm}$ 的绝对准确度，既可以测脉冲激光波长也可以测连续激光。除了激光生产研发单位有广泛应用外，做高精细光谱的科研用户也有广泛应用，包括高精细光谱实验室确认严格激发波长如染料激光器、窄线宽 OPO 激光器的真实波长；全天候激光雷达定标激光中心波长位置等应用。测试范围涵盖 375-2500nm 常用波段，内置校准用 HeNe 激光实时校准波长。

优势特点

- 用于测量脉冲连续激光，可达 $\pm 0.2\text{ppm}(\pm 0.2\text{pm})$ 的绝对准确度
- 内置 HeNe 激光器实时校准，完全无需人工干预
- 工作范围可见光 - 红外
- 高达 1kHz 的测试频率
- 便捷的光纤输入口
- USB 接口电脑通讯，可用于二次开发

主要参数指标

型号	871A	871B
被测激光类型	脉冲和连续激光	
波长范围	VIS:375-1100nm NIR:630-1700nm	VIS:375-1100nm NIR:630-1700nm NIR2:1000-2500nm
绝对测量精度	$\pm 0.2\text{ppm}$ (单模光纤) $\pm 0.0002\text{nm}@1000\text{nm}$ $\pm 60\text{MHz}@300,000\text{GHz}$	$\pm 0.75\text{ppm}$ (单模光纤) $\pm 0.0008\text{nm}@1000\text{nm}$ $\pm 225\text{MHz}@300,000\text{GHz}$ $\pm 1\text{ppm}$ (多模光纤, 芯径 $\leq 62.5\mu\text{m}$) $\pm 0.001\text{nm}@1000\text{nm}$ $\pm 300\text{MHz}@300,000\text{GHz}$
重复测量精度	$\pm 0.0075\text{ppm}$ $\pm 0.0075\text{nm}@1000\text{nm}$ $\pm 2.25\text{MHz}@300,000\text{GHz}$	$\pm 0.0125\text{ppm}$ $\pm 0.0125\text{nm}@1000\text{nm}$ $\pm 3.75\text{MHz}@300,000\text{GHz}$
内置校准光源	VIS: 稳频氦氖激光器 NIR/NIR2: 半导体激光器	
显示位数	9 位	8 位
显示单位	nm, μm , cm^{-1} , GHz, THz	
最大输入线宽	1GHz	10GHz
最小输入功率	VIS: 3-300nJ NIR: 50-600nJ	VIS: 3-300nJ NIR: 30-600nJ NIR2:50-600nJ
测量速率	1kHz	
输入方式	光纤输入	
预热时间	< 15 分钟	
体积 (H×W×L)	89mm×432mm×381mm	

3) 872A 高精度激光波长计



872A 高精度激光波长计同样采用菲泽尔干涉仪，既可以测量脉冲激光也可以测量连续波激光，其测量重复频率高达 1kHz，波长测量分辨率高达 200kHz，通过其标配的 PID 控制器，非常适合于各类激光器的稳频工作，由于其可自适应 375-1700nm 波段内的激光，客户在切换不同波长做稳频工作时就无需切换与调整相对应的分子吸收池，真正做到了稳定与方便合二为一。

优势特点

- 200kHz 稳频分辨率
- 单模光纤输入方便接待稳频激光
- 1kHz 采样频率快速跟踪激光波长漂移
- USB 接口与 PID 控制器
- 375-1100nm, 630-1700nm 覆盖范围

主要参数指标

型号	872A
被测激光类型	脉冲或连续激光
波长范围	VIS:375-1100nm NIR:630-1700nm
绝对测量精度	$\pm 0.2\text{ppm}$ (单模光纤) $\pm 0.0002\text{nm}@1000\text{nm}$ $\pm 60\text{MHz}@300,000\text{GHz}$
测量分辨率	0.001ppm 0.001pm@1000nm 300kHz@300,000GHz
最大输入线宽	1GHz
最小输入功率	VIS:3-300uW NIR:50-600uW
测量速率	1kHz
输入方式	光纤输入
预热时间	< 15 分钟
体积 (H×W×L)	89mm×432mm×381mm

3) 高精度光频谱仪 -771 系列



优势特点

- 既可测量激光波长，又可同时分析激光的频谱信息
- 可以获得高精度激光纵模结构，纵模稳定性，激光线宽等信息
- 波长绝对精度高达 $\pm 0.2\text{pm}$
- 内置 HeNe 激光器实时校准
- 工作范围可见光 - 远红外可选
- 便捷的光纤输入口
- USB 接口电脑通讯，可用于二次开发

波长计能够以亚 ppm 的精度确定激光的中心波长，但无法获知线宽或光谱信息，同时对激光输入的线宽有限制。干涉式光频谱仪可以分析激光的频谱，适合需要了解激光的线宽和线形、谱线分布、边模等特性的应用。

主要参数指标

型号	771A	771B
被测激光类型	连续，准连续（重频 > 10MHz）和脉冲激光（脉冲宽度 > 50ns，重频 > 50kHz）	
波长范围	VIS:375-1100nm	
	NIR:520-1700nm	
	IR:1-5 μm MIR:1-12 μm	
绝对测量精度	$\pm 0.2\text{ppm}$ ($\pm 1\text{ppm}$ for $\lambda > 5\mu\text{m}$)	$\pm 0.75\text{ppm}$ ($\pm 1\text{ppm}$ for $\lambda > 5\mu\text{m}$)
	$\pm 0.0002\text{nm}@1000\text{nm}$	$\pm 0.0008\text{nm}@1000\text{nm}$
	$\pm 0.002\text{cm}^{-1}@10,000\text{cm}^{-1}$ $\pm 60\text{MHz}@300,000\text{GHz}$	$\pm 0.008\text{cm}^{-1}@10,000\text{cm}^{-1}$ $\pm 225\text{MHz}@300,000\text{GHz}$
频谱分辨率	标准分辨率模式 :4GHz(8GHz for IR)	
	高分辨率模式 :2GHz(4GHz for IR)	
内置校准光源	稳频 HeNe 激光器	标准 HeNe 激光器
显示单位	nm, μm , cm^{-1} , GHz, THz	
	VIS: 0.025-1.1uW	
	NIR: 0.01-0.5uW	
最小输入功率	IR:0.01-2.25uW	
	MIR:0.01-13uW	
测量速率	<2s(1s with smaller measurement ranges)	
输入方式	VIS/NIR: 光纤输入	
	IR/MIR: 准直光输入（带指示光）或光纤输入	
预热时间	< 15 分钟	无需预热
体积 (H×W×L)	VIS/NIR:142mm×165mm×381mm	
	IR/MIR:191mm×165mm×381mm	

4) 中远红外光频谱仪 -772 系列



优势特点

- 既可测量激光波长，又可同时分析激光的频谱信息
- 可实现低至 50Hz 的低重频激光频谱分析
- 可以获得高精度激光纵模结构，纵模稳定性，激光线宽等信息
- 4GHz 光谱分辨率
- $\pm 0.01\text{nm}$ 波长准确度
- 内置 HeNe 激光器实时校准
- 工作范围 $1\mu\text{m}$ - $12\mu\text{m}$
- 便捷的光纤输入口
- USB 接口电脑通讯，可用于二次开发

772B-MIR 激光光谱分析仪将成熟的迈克尔逊干涉仪技术与快速傅里叶变换分析相结合，可以测量 1 至 $12\mu\text{m}$ 范围内的连续激光和脉冲激光的光谱特性。772B-MIR 系统的独特之处在于它可以测量重复频率低至 50Hz 的脉冲激光。

主要参数指标

型号	772B-MIR
被测激光类型	连续和脉冲激光（重频 > 50Hz）
波长范围	1-12 μm
绝对测量精度	$\pm 10\text{ ppm}$
	$\pm 0.08\text{ nm @ }8\mu\text{m}$
	$\pm 0.0125\text{ cm}^{-1}@1250\text{ cm}^{-1}$ $\pm 375\text{ MHz @ }37.5\text{ THz}$
频谱分辨率	4GHz
内置校准光源	标准 HeNe 激光器
显示单位	nm, μm , cm^{-1} , GHz, THz
最小输入功率	0.01 - 13 uW
测量速率	测量脉冲个数的 2 倍
输入方式	准直光输入（带指示光）
预热时间	无需预热
体积 (H×W×L)	191mm×165 mm×381 mm

4.2 掌上式波长计、光谱仪

MOGLabs 公司推出的经济型、迷你尺寸的波长计和光谱仪，分别满足 ppm 级别准确度的波长测试和 0.02nm 级别分辨率的光谱测试，为精密光谱、窄线宽激光器应用等领域用户提供经济、便利的波长测试解决方案。

1) FZW6000 激光波长计



特性

- 400 ~ 1000nm 无需校准
- 600MHz 绝对精度 (3σ) ; 典型测量精度 <200MHz
- 全功能一体式设计, 可独立运行
- USB 或充电器供电
- 以太网及 USB 接口
- 固态熔石英 Etalon
- 500 次 / 秒采样率

选件

- FC/PC 或 FC/APC 输入规格
- FZW4 四路光纤交换机
- FZW8 八路光纤交换机

FZW6000 是一台菲索干涉仪，可测量 400 ~ 1100nm 激光波长。小巧的体积集成了显示屏，可直读测量结果，也支持以太网和 USB 电脑介面。

FZW4/ FZW8 为 MOGLabs 提供的 4 路 / 8 路光纤交换机。配合波长计使用可切换测试多台激光器。同时，FZW4/ FZW8 还为每路测试提供了 PID 控制器，可直接用于反馈机构控制。

技术参数

波长 / 频率	
测试范围	350 ~ 1120nm
显示单位	nm (vac); nm (air, NTP); THz; cm ⁻¹
输入功率	10nW @ 10 meas/s; 500nW @ 350 meas/s (550nm)
精度	600MHz (3σ) @ 400 ~ 1100nm, 典型值 200MHz
分辨率	10MHz (全速) ; 1MHz (100 次平均)
曝光时间	100μs ~ 1s
测量速率	500/s (粗测模式) ; 150/s (精细模式) ; 输入功率 >500uW
菲索干涉仪	4; 最小自由频率范围 :7.5GHz
校准	常规无需校准; 约一年校准一次, 使用稳频 HeNe 或其它标准源
热机时间	10 分钟可达标称精度
电学	
显示	内置 320×240 真彩 TFT LCD
PID 反馈	12 位 DAC 输出, 0.5mV 分辨率
供电	+5V 600mA USB 供电或充电器供电
On/off	背面板开关
通讯	
以太网	10/100TP RJ45
USB	USB2.0, USB-B 接口, 兼做供电用
SPI	内置 (供 OEM 使用)
输入 / 输出	
激光输入	FC/PC 或 FC/APC, 单模
复用器 (可选)	4×1 或 8×1 光纤交换机, 4 路或 8 路 FC/APC 光纤输入, 4 路或 8 路模拟输出 (含 PID)
SMA DAC 输出	12 位输出, ±2.5V, 0.5mV 分辨率
供电	(替代 USB 供电) 2.5mm 插孔
尺寸	
FZW600	120mm×146mm×81mm (D×W×H) ; 0.7kg
FZW4/ FZW8	120mm×146mm×131mm (D×W×H) ; 0.7kg

2) MWM 高分辨率光谱仪



特性

- pm (GHz) 精度
- pW 灵敏度
- 370nm ~ 1120nm*
- 瞬时识别多模状态
- 高达 1250 次 / 秒测试速率
- 适用连续及脉冲激光
- 内置 PID 反馈，模拟输出
- 自主设备，内置显示，可电池驱动
- 支持 USB 及以太网界面

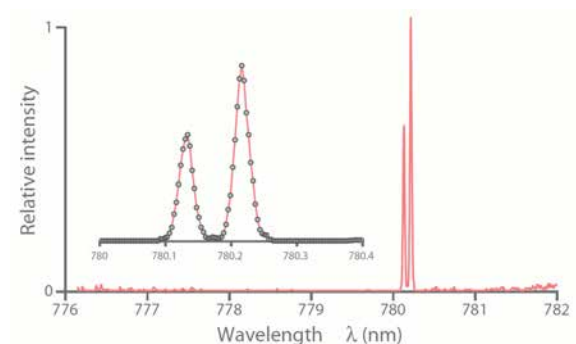
应用

- 激光频率测试
- 识别激光多模运转
- 判断吸收线
- 气体光谱
- 拉曼荧光
- * 每台光谱仪覆盖约 20nm 波长范围

MWM 是一台高分辨率的微型光谱仪。其输入灵敏度可低至 pW，而光谱分辨率达到 pm 量级。可通过面板直读也可用电脑采集。

技术参数

波长 / 频率	
测试范围	370-1120nm*
输入灵敏度	* 出厂前针对一个中心波长校准，例如 780 ± 12nm
精细度	1pW
精度	100MHz (0.1pm) @ 780nm
准确度	± 1 GHz / ± 0.001nm @ 780nm
光学分辨率	< 0.02nm (σ 标准方差，取决于波长)
动态范围	> 35dB (> 50dB HDR 功能)
电学	
显示	内置 LCD 显示屏；可连接电脑显示
操作系统	windows
PID 反馈	12 位 DAC 输出，0.5mV 分辨率，10Hz 带宽
读出速率	典型 : 20 次 / 秒，可达 100 次 / 秒
通讯	
以太网	10/100TP RJ45
USB	USB2.0, USB-B 接口，兼做供电用
SMA	模拟信号输出，± 2.5V，用于 PID 反馈控制
输入 / 输出	
激光输入	FC 单模光纤
SMA DAC 输出	12 位输出，± 2.5V，0.5mV 分辨率
尺寸	
尺寸	165mm × 85mm × 70mm (L × W × H)



MWM 识别 ECDL 的两个相距约 0.1nm 的纵模

4.3 小型光栅光谱仪

小型光栅光谱仪可用于测量较宽光谱的光源，例如飞秒激光器、LED、半导体激光器等。AVESTA 生产的 75mm 焦距、150mm 焦距光谱仪及红外光谱仪，尺寸介于掌上光谱仪与大型光栅光谱仪之间，中心波长可选 / 可调节，兼顾分辨率与覆盖范围，适合飞秒激光测试等既要求足够的覆盖范围也要求足够的分辨率的应用。

1) 紫外 - 近红外系列



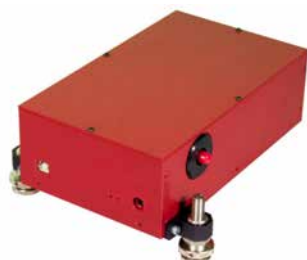
ASP-75、ASP-150 分别为 75mm 焦距、150mm 焦距的小型光谱仪，采用阵列式探测器。ASP-75 可指定中心波长，而 ASP-150 可通过旋转光栅转换中心波长。

ASP-75							
结构	Czerny-Turner						
支持光谱范围 nm	190-1100	190-1100	190-1100	190-1100	190-800	190-450	190-300
光栅, g/mm	400	600	800	1200	1800	1800 二阶	1800 四阶
覆盖范围 nm	950	600	385	245	150	69	40
光谱分辨率 nm	1	0.65	0.5	0.3	0.18	0.085	0.05
焦距	75mm						
可选探测器	2048 pixels/14μm; 3648 pixels/8μm; 1024 pixels/25μm						
输入接口	自由光 / SMA905						
输出	USB						

* 用户指定中心波长

ASP-150								
结构	Czerny-Turner							
支持光谱范围 nm*	190-1100				190-800		190-450	190-300
光栅, g/mm	200	300	400	600	1200	1800	1800 二阶	1800 四阶
覆盖范围 nm	950	640	480	315	145	90	40	25
光谱分辨率 nm	0.6	0.42	0.3	0.2	0.09	0.06	0.025	0.017
焦距	150mm							
相对口径	1:13							
可选探测器	2048 pixels/14μm; 3648 pixels/8μm; 1024 pixels/25μm							
输入接口	自由光 / SMA905							
输出	USB							

2) 红外扫描光谱仪



ASP-IR 采用红外单点探测器，扫描式探测。光谱仪支持脉冲信号同步，可测试低重频的重复输出红外激光。

	ASP-IR-1.7	ASP-IR-2.6	ASP-IR-3.5
光谱范围 nm	500 - 1700	900 - 2600	1200 - 3450
光栅 g/mm	600	400	400
扫描速度 nm/s	300	400	400
光谱分辨率 nm	0.5	0.8	1.2
输入	自由光 / SMA905		
焦距	150mm		
相对口径	1:13		

4.4 掌上型光谱仪

美国 StellarNet 公司专业生产掌上式光谱仪，覆盖 190 ~ 2600nm。
采用不同的光栅、探测器，覆盖范围可达 900nm，分辨率可低至 0.05nm。



1) HR 系列高分辨率光纤光谱仪

型号	光谱范围 (nm)	光栅 (g/mm)	摄谱范围 (nm)	线色散 (nm/pixel)	25um 狭缝 分辨率 (nm)	14um 狭缝 分辨率 (nm)
HR-UV3	200-300	2400	100	0.048	0.21	0.14
HR-UV3b	300-400	2400	100	0.048	0.21	0.14
HR-UV4	200-340	1800	140	0.068	0.3	0.2
HR-VIS	350-750	600	400	0.195	1.2	0.8
HR-NIR	500-900	600	400	0.195	1.2	0.8
HR-NIR2	900-1075	1200	175	0.085	0.8	0.4
HR-NIR3	750-850	1800	100	0.049	0.3	0.2
HR-NIR4	500-580	2400	80	0.039	0.12	0.08

2) BLUE 系列通用型光纤光谱仪

型号	波长范围 (nm)	光栅 g/mm	200um 狭缝 分辨率 nm	100um 狭缝 分辨率 nm	50um 狭缝 分辨率 nm	25um 狭缝 分辨率 nm	14um 狭缝 分辨率 nm
UV	200-600	1200	3.0	1.6	0.8	0.50	0.40
UV2	200-400	2400	1.5	0.8	0.4	0.25	0.20
UV3	220-350	3600	1.0	0.5	0.25	0.16	0.13
UVIS	300-1100	600	6.0	3.2	1.6	1.00	0.80
VIS	350-1150	600	6.0	3.2	1.6	1.00	0.80
VIS2	380-780	1200	3.0	1.6	0.8	0.50	0.40
NIR	500-1150	600	6.0	3.2	1.6	1.00	0.80
NIR2	600-1000	1200	3.0	1.6	0.8	0.50	0.40
NIR2b	785-1150	1200	3.0	1.6	0.8	0.50	0.40
NIR3	550-840	1800	2.2	1.2	0.6	0.35	0.28
NIR3b	680-935	1800	2.2	1.2	0.6	0.35	0.28
NIR4	500-700	2400	1.5	0.8	0.4	0.25	0.20
NIR4b	600-800	2400	1.5	0.8	0.4	0.25	0.20
UVN	250-1100	600	6.0	3.2	1.6	1.00	0.80
UVNb	200-1050	600	6.0	3.2	1.6	1.00	0.80

5. 激光防护

在任何激光器运行的场合，人身安全防护都拥有最高优先级。

美国 Laservision 公司成立于 1995 年，是全球知名的激光防护产品制造商，产品经 NIST 或 CE 认证。

产品包含：激光防护眼镜、激光防护窗、激光防护帘、激光防护墙、激光防护面罩等系列产品，远销全球各地，广泛应用于医学，工业，科研和军事等领域，被客户所认可。

- 激光护目镜：吸光度值（OD 值）高达 13+，为用户提供最卓越的防护性能；
- 激光防护窗：拥有多种尺寸和防护等级，便于系统集成，亦可根据用户要求订制；
- 激光防护帘：均按照美国 ANSI Z136.1 标准进行测试，最大可承受 $300\text{W}/\text{cm}^2$ 的激光功率密度；
- 激光防护墙：双层铝并内嵌聚合物结构，最大可承受 $10000\text{kW}/\text{cm}^2$ 的激光功率密度。



激光防护眼镜



激光防护玻璃



激光防护窗



激光防护墙



激光防护帘



激光防护眼镜

激光防护镜镜片规格（防护镜片选择说明:OD 值（吸光度值）越高，防护性能越好。）

P5B02		聚碳酸酯	OD 2 @ 532nm	T5B02		玻璃	OD 1+ @ 400-700nm
P5B03		聚碳酸酯	OD 1 @ 633nm	P5H02		聚碳酸酯	OD 5+ @ 700-820nm
P5D04		聚碳酸酯	OD 5+ @ 9000-11000nm	P5E02		聚碳酸酯	OD 3+ @ 630-690nm
P5E02		聚碳酸酯	OD 6+ @ 585-600nm OD 5+ @ 600-605nm	P5E03		聚碳酸酯	OD 6+ @ 690-710nm
P5D07		聚碳酸酯	OD 4+ @ 2050-3000nm OD 5+ @ 10600nm	T5E02		玻璃	OD 9+ @ 180-315nm OD 8+ @ 315-532nm
T5E06		玻璃	OD 7+ @ 190-565nm OD 5+ @ 565-578nm	P5E01		聚碳酸酯	OD 7+ @ 190-315nm OD 6+ @ 315-532nm
P5C02		聚碳酸酯	OD 3+ @ 810-940nm OD 4+ @ 940-980nm OD 7+ @ 980-1064nm	P5F01		聚碳酸酯	OD 5+ @ 190-375nm OD 4+ @ 730-855nm OD 7+ @ 755-840nm
T5H03		玻璃	OD 4+ @ 630-690nm OD 7+ @ 690-970nm OD 5+ @ 970-1100nm	T5H04		玻璃	OD 2+ @ 630-650nm OD 3+ @ 650-690nm OD 6+ @ 690-1300nm OD 8+ @ 1064nm
P5H01		聚碳酸酯	OD 4+ @ 770-800nm OD 6+ @ 800-980nm OD 7+ @ 980-1065nm OD 5+ @ 1065-1100nm	T5K11		玻璃镀膜	OD 5+ @ 780-800nm OD 7+ @ 800-860nm OD 3+ @ 860-900nm OD 4+ @ 900-950nm OD 5+ @ 950-1000nm OD 7+ @ 1000-1600nm OD 5+ @ 1600-2400nm OD 4+ @ 2400-2900nm OD 5+ @ 2900-10600nm
T5L03		玻璃	OD 7+ @ 190-535nm OD 2+ @ 633-650nm OD 3+ @ 650-690nm OD 6+ @ 690-1300nm OD 8+ @ 1064nm	P5L02		聚碳酸酯	OD 8+ @ 190-315nm OD 6+ @ >315-532nm OD 3+ @ 808-890nm OD 4+ @ 890-940nm OD 5+ @ 940-980nm OD 7+ @ 980-1065nm
P5L02		聚碳酸酯	OD 8+ @ 190-315nm OD 6+ @ >315-532nm OD 3+ @ 808-890nm OD 4+ @ 890-940nm OD 5+ @ 940-980nm OD 7+ @ 980-1065nm	T5K02		玻璃	OD 3+ @ 850-900nm OD 4+ @ 900-950nm OD 5+ @ 950-1000nm OD 7+ @ 1000-1600nm OD 5+ @ 1600-2400nm OD 5+ @ 2900-10600nm
T5M01		玻璃	OD 7+ @ 190-535nm OD 3+ @ 850-900nm OD 4+ @ 900-950nm OD 5+ @ 950-1000nm OD 7+ @ 1000-1600nm OD 5+ @ 1600-2400nm OD 5+ @ 2900-10600nm	P5K01		聚碳酸酯	OD 3+ @ 800-830nm OD 4+ @ 830-900nm OD 5+ @ 900-1060nm OD 7+ @ 1060-1090nm OD 6+ @ 1090-1400nm OD 3+ @ 1400-1650nm

镜框选型表

图例	型号	尺寸 (mm)	特点
	F01	镜片宽 52, 镜片长 38, 镜片之间的距离 26, 高度 45, 长度 140-150, 宽度 135	该镜架可调整长度和角度, 柔软的耳片提供更多的舒适性, 耐磨, 且经济实惠适合大多数人。
	F02	镜片宽 61, 镜片长 49, 镜片之间的距离 13, 高度 55, 长度 130-141, 宽度 146	该镜架可调节的长度和角度适合任何头形和耳朵, 有效减少镜框对头部痛苦的压力。运动型设计, 可以应用于多种领域
	F03	镜片宽 75, 镜片长 45, 镜片之间的距离 10, 高度 40, 长度 140, 宽度 145	轻量级的框架和符合人体工程学的舒适性融于一体。拥有现代化的运动包装风格, 视野宽广, 高强度设计和防刮镜面是大多数环境的理想选择, 适合大多数人。
	F04	镜片宽 68, 镜片长 58, 镜片之间的距离 15, 高度 58, 长度 140, 宽度 170	是一种理想的轻质高强度塑料框架, 适合带眼镜人士。
	F08	镜片宽 59, 镜片长 43, 镜片之间的距离 12, 高度 47, 长度 153, 宽度 134	重量轻, 坚固耐用, 侧面防护橡胶与框架, 镜片尺寸较大, 适合大多数人。 * 注 :F08 型适用小型的面孔。
	F12	镜片宽 61, 镜片长 52, 镜片之间的距离 18, 高度 64, 长度可调节, 宽度 130	热销 非常适合大多数激光镜片的应用, 眼镜边缘有软垫, 适合大多数人应用。
	F14	镜片宽 60, 镜片长 45, 镜片之间的距离 12, 高度 80, 长度可调节, 宽度 160	热销 具有较好的通风性, 以减少眼部周围雾气。此, 易于调节, 适合戴眼镜人士。

激光防护窗

Laservision 激光防护窗是理想的激光观测窗口和外壳。为方便大多数激光应用, 激光防护玻璃可以按照您的要求进行定制。



激光防护面罩

Laservision 激光防护面罩采用坚韧耐用、轻巧的丙烯酸树脂, 在保证您的安全的同时提供最大的舒适度。



激光防护帘 / 墙

Laservision 研发的大面积激光防护系统, 将激光防护产品线补充完整。通过这些防护系统可以针对所有需要屏蔽激光的场所, 提供相应的激光安全解决方案。



光通讯与传感

1. 通讯用波长计及频谱仪 ---127

- 1.1. 光通讯专用波长计 ---127
- 1.2. 高分辨率光频谱仪 BOSA---130
- 1.3. 高分辨率被动器件分析仪 HDCA---131

2. 通讯光源 ---132

- 2.1. 可调谐窄线宽激光器 ---132
- 2.2. 其他光源 ---135

3. 通讯仪器设备 ---137

- 3.1. 高速电子学设备 ---137
- 3.2. 光学滤波器 ---140
- 3.3. 光测试与控制 ---145

4. 光通讯器件 ---152

5. OCT 与传感 ---154

- 5.1. OCT 快速扫频光源 ---154
- 5.2. 扫频 OCT 系统 ---155
- 5.3. 3-D 形貌仪 ---156
- 5.4. FMCW LiDAR---157
- 5.5. 中红外扫频光源 ---157
- 5.6. OCT 部件 ---157
- 5.7. 临床眼科诊断仪 ---161
- 5.8. 硅晶圆检测仪 ---161

您的应用 ---220

光通讯与传感

简介

光通讯无疑是激光发明以来对人类生产生活影响最大、最深远的应用之一。

5G和数据中心对光通讯的速度和容量持续提出更高要求，以相干光通讯为代表的新一代通讯技术的发展和运用，要求对通讯载波、器件、设备、系统进行更精细准确的测量。这些测量从传统的波长测试、光强及其响应的测试，逐步扩展到位相、偏振、线宽及位相噪声等更多项目、更高精度的测量。

以光纤传感为代表的光学传感技术，和光通讯有着内在的联系。其本质是通过检测光纤本身或插入器件因温度、压力、应变等变化而导致的传输特性变化，实现远程、抗干扰的自动化传感监控。

而采用相干技术开发的 OCT 成像、形貌测试以至相干激光雷达，也在医学成像、先进工业、智能驾驶等领域展露头角。

所有这些应用都需要稳定的、强相干的激光光源，以及对激光的振幅、位相、频谱、偏振等进行检测和操控。先锋科技在这一领域提供丰富的产品：

- 通讯专用激光波长计、OSA；
- 通讯波段可调谐窄线宽光源；
- 多种光通讯器件和设备检测设备；
- 光学滤波器；
- 偏振控制和测量；
- 空间光调制器；
- 快扫描 OCT 光源及 OCT 系统

1. 通讯用波长计及频谱仪

波长计在光通讯中既可以用作载波信号的波长测试，也可接合可调谐光源、光功率计，构成器件或设备检测系统。常规的波长计（本手册“激光测量”部分第 4 章节）可实现单个波长的快速测试和高精度的光频谱分析。但对于 DWDM 类光源，常常需要针对包含多个激光波长的信号直接测试。本节主要介绍 DWDM 专用波长计，及通讯波段高分辨率的频谱仪。

1.1. 光通讯专用波长计

Bristol 专门为光通讯研发设计的波长计，主要针对光通讯波段的高精度波长测试，支持连续激光和调制信号，支持光功率检测；专为 DWDM 设计的波长计还可支持多个波长同时测量。

1) 338 系列快速波长计

338 系列光通讯激光多波长计专门为密集波分复用 DWDM 应用研发与优化，工作范围 1270nm - 1680nm(179 - 236THz)，O/E/S/C/L/U 几乎全波段，精度高达 $\pm 0.2\text{ppm}$ ，测试速率为 25Hz。

- 
- 可测试 CW 或调制激光，绝对准确度可达 $\pm 0.2\text{ppm}$
 - 测试范围 1270nm-1680nm(179-236THz) 涵盖全部光纤通讯波段
 - 内置长寿命 HeNe 激光器实时校准，完全无需人工干预
 - 25Hz 快速测试速率，提升研发和生产效率
 - 可同时监控激光功率
 - 标配 USB2.0 和以太网接口，可增配 GPIB 接口方便用户架构自动检测系统
 - DWDM 研发与生产；
 - 无源器件测试；
 - 光收发器测试；
 - 光纤波长损失特性分析；
 - 光学传感；

产品型号	338A	338B
被测激光类型	连续激光或调制激光	
波长范围	1270nm-1680nm/ 179-236THz	
绝对测量精度	$\pm 0.2\text{ppm}$ ($\pm 0.3\text{pm}@1550\text{nm}$)	$\pm 0.65\text{ppm}$ ($\pm 1.0\text{pm}@1550\text{nm}$)
重复测量精度	$\pm 0.03\text{ppm}$ ($\pm 0.05\text{pm}$ at 1550nm)	$\pm 0.1\text{ppm}$ ($\pm 0.15\text{pm}$ at 1550nm)
最大测量带宽	10GHz (80pm at 1550nm)	
内置校准光源	稳频 HeNe 激光器	标准 HeNe 激光器
显示精度	0.00001nm	0.0001nm
显示单位	nm, cm^{-1} , THz	
功率测量精度	$\pm 0.5\text{dB}$ ($\pm 30\text{nm}$ from 1310nm and 1550nm)	
功率显示单位	dBm,mW, μW	
灵敏度	-30dBm (1270nm to 1650nm), -25dBm (1650nm to 1680nm)	
功率阈值	+10dBm(饱和阈值), +18dBm(损伤阈值)	
输入方式	光纤输入: FC/UPC 或 FC/APC	
预热时间	< 15 分钟	无需预热
通讯接口	USB/Ethernet/GPIB(Optional)	
测量速率	25Hz	

2) 438 系列波长计

438 系列光通讯激光多波长计专门为密集波分复用 DWDM 应用研发与优化，工作范围 1000nm - 1680nm(179-300THz)，O/E/S/C/L/U 几乎全波段，精度高达 $\pm 0.2\text{ppm}$ ，可以在 10Hz 频率下同时监测多至 1000 个信道。



产品特点:

- 可测试 CW 或调制激光，绝对准确度可达 $\pm 0.2\text{ppm}$
- 测试范围 1000nm-1680nm(179-300THz) 涵盖全部光纤通讯波段
- 内置长寿命 HeNe 激光器实时校准，完全无需人工干预
- 可同时监测 1000 个 DWDM 通道，测试刷新频率高达 4Hz
- 可同时检测各通道激光功率。
- 标配 USB2.0 和以太网接口，可增配 GPIB 接口方便用户架构自动检测系统

专业应用:

- DWDM 研发与生产;
- 无源器件测试;
- 光收发器测试;
- 光纤波长损失特性分析;
- 光学传感;

主要参数指标:

产品型号	438A	438B
被测激光类型	连续激光或调制激光	
波长范围	1270nm-1680nm(182-236THz) 或 1000-1680nm(179-236THz)	
绝对测量精度	$\pm 0.2\text{ppm}$ ($\pm 0.3\text{pm}@1550\text{nm}$)	$\pm 0.65\text{ppm}$ ($\pm 1.0\text{pm}@1550\text{nm}$)
重复测量精度	$\pm 0.15\text{ppm}$	$\pm 0.5\text{ppm}$
可分辨间隔	10GHz	
内置校准光源	稳频 HeNe 激光器	标准 HeNe 激光器
显示精度	0.00001nm	0.0001nm
显示单位	nm, cm^{-1} , THz	
功率测量精度	$\pm 0.5\text{dB}$ ($\pm 30\text{nm}$ from 1310nm and 1550nm)	
功率显示单位	dBm, mW, μW	
自动测量信噪比	> 40dB ($\geq 100\text{GHz}$ 信道间隔) > 35dB ($\geq 50\text{GHz}$ 信道间隔)	
边模抑制比	> 30 dB, ≥ 0.7 nm from peak	
灵敏度	1270-1600nm: -40dBm, 单信道 1000-1270nm: -35dBm, 单信道 1600-1650nm: -30dBm, 单信道 30dB, 多信道	
最大测量信道数	1000	
功率阈值	+10dBm(饱和阈值), +18dBm(损伤阈值)	
回损	35 dB (UPC connector), 50 dB (APC connector)	
输入方式	光纤输入 (FC/APC 或 FC/UPC)	
预热时间	< 15 分钟	无需预热
测量速率	10Hz	
体积 (H×W×L)	89mm×432mm×381mm	

3) 1kHz 在线高速激光波长计 828

828 高速光通讯激光波长计专门为密集波分复用 DWDM 应用研发与优化，工作范围 1250nm-1650nm(182-240THz)，O/E/S/C/L/U 几乎全波段，精度高达 $\pm 0.2\text{ppm}$ ，在线测试速率可达 1kHz。



- 可测试连续激光，绝对准确度可达 $\pm 1\text{pm}$ @ 1550nm
- 测试范围 1250nm-1650nm(182-240THz) 涵盖全部光纤通讯波段
- 内置长寿命频率标准激光器实时校准，完全无需人工干预
- 测试速率高达 1kHz
- 可同时检测激光功率。
- 标配 USB2.0 和以太网接口，可增配 GPIB 接口方便用户架构自动检测系统

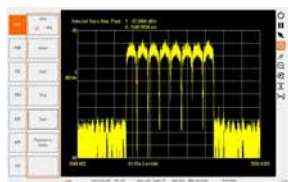
- Tunable 激光器的研发与生产；
- DWDM 研发与生产；
- 无源器件测试；
- 光收发器测试；
- 光纤波长损失特性分析；
- 光学传感；

产品型号	828A	828B
被测激光类型	连续激光	
波长范围	1250nm-1650nm(182-240THz)	
绝对测量精度	$\pm 0.2\text{ppm}$ ($\pm 0.3\text{pm}@1550\text{nm}$)	$\pm 0.65\text{ppm}$ ($\pm 1.0\text{pm}@1550\text{nm}$)
重复测量精度	$\pm 0.02\text{ppm}$ ($\pm 0.08\text{pm}@1550\text{nm}$)	$\pm 0.07\text{ppm}$ ($\pm 0.3\text{pm}@1550\text{nm}$)
最大测量带宽	1GHz(8pm @1550nm)	10GHz(80pm @1550nm)
内置校准光源	半导体激光器	
显示精度	0.00001nm	0.0001nm
显示单位	nm, cm^{-1} , THz	
功率测量精度	$\pm 0.5\text{dB}$ ($\pm 30\text{nm}$ from 1310nm and 1550nm)	
功率显示单位	dBm, mW, μW	
灵敏度	1kHz: -20dBm(10 μW) 500Hz: -25dBm(3 μW) 250Hz: -29dBm(1.25 μW) 100Hz: -33dBm(0.5 μW)	1kHz: -25dBm(3 μW) 500Hz: -30dBm(1 μW) 250Hz: -35dBm(0.3 μW) 100Hz: -40dBm(0.1 μW)
功率阈值	+10dBm(饱和阈值), +18dBm(损伤阈值)	
输入方式	光纤输入 (FC/APC 或 FC/UPC)	
预热时间	< 15 分钟	
测量速率	1000Hz	
体积 (H×W×L)	89mm×432mm×381mm	

1.2. 高分辨率光频谱仪 BOSA

BOSA 是位于西班牙的 Aragon Photonics 公司基于其专利技术开发的超高分辨率光频谱仪（OSA）。BOSA 的名称来源于 Brillouin + OSA，仪器采用受激布里渊散射（Stimulated Brillouin Scattering, SBS）技术，实现 10MHz 超高分辨率、0.5pm 精度，并可非常便利的扩展被动元件测试、偏振特性测试、位相测试及复频谱分析，等功能。得益于受激布里渊散射锐利的滤波曲线和边模抑制能力，BOSA 在具备 -70dBm 高灵敏度的基础上提供 >80dB 的免伪讯（spurious free）动态范围，为真实还原精细频谱信息以及位相信息提供有力的保证。

下一代超高速光通讯在更充分利用频谱资源（如光正交频分复用 Optical OFDM 技术、偏振复用技术）的基础上，在信号和传输领域也许先进调制技术、相干调制及相干探测技术等。这些技术所涉及的光源、调制器、无源器件、探测器、传输网络，无一不需要对光频谱、位相、啁啾、偏振、时域振幅等物理量及其变化和噪声作完整、准确、精细的测量。BOSA 正是适合此类先进应用的全能型仪器。



产品特点：

- 全光学方案，专利 SBS 技术，真实频谱；
- 10MHz 频谱分辨率，0.5pm 波长准确度；20nm/s 快速测量；
- C, L, O 波段覆盖；
- 正交分量（偏振）相关的频谱、位相、啁啾、时域信号测量；
- 光器件插损、回损、波长及偏振敏感分析测试；
- 复光学频谱仪，振幅、位相、啁啾等全面分析，无带宽限制，不依赖于调制格式；
- 高灵敏度、高免伪讯动态范围。

专业应用：

- OFDM；
- 无源器件分析；
- 主动器件分析；
- 位相信息分析；
- 可调谐光源研发与生产；
- 光纤传感；
- 光频梳测试；

主要参数指标：

型号	BOSA series 6		
波段	C band	C+L band	O band
光谱范围	1516-1565 nm	1521-1630 nm	1265-1345 nm
光谱分辨率	± 1.5 pm	± 2.0 pm	± 2.0 pm
校准功率范围	+10 到 -90 dBm		
免伪讯信噪比	> 80dB		
灵敏度	-90 dBm @ 10MHz		
波长准确度	± 0.5 pm	± 0.5 pm	± 1.0 pm
功率准确度	± 0.5 dB		
选项 10	内置可调谐激光单独输出选项：输出功率 >1mW, 边模抑制比 >43dB, RIN <-145dB/Hz, 调谐速度 1-100nm/s, BNC 触发输出		
选项 20	器件分析选项：用于被动器插损 / 回损测试，插损灵敏度 -70dBm; 回损灵敏度 -45dBm; 免伪讯动态范围 >80dB		
选项 30	偏振光谱分析选项：偏振角重复度 ± 5°; 偏振灵敏度：-40dBm; 偏振串扰 <20dB; 温度影响：± 0.2°/°C		
选项 40	相位分析选项：位相精度 ± 1°; 灵敏度 -70dBm; 模式频率范围 70MHz-2GHz		
选项 100	经济型选项：用户如已经自备可调谐激光器，可提前通知厂家自由可调谐激光器型号，并要求厂家删除内置激光器以节省经费		

1.3. 高分辨率被动器件分析仪 HDCA

同样利用 BOSA 受激布里渊散射超高分辨率光频谱仪架构，针对于被动器件测试的需求，HDCA 高分辨率被动器件分析仪将原 BOSA 针对于被动器件插损 / 回损 / 偏振相关损耗等选项功能也一并集成进了标配功能，特别适合于快速，简便，超高精度的对光纤通讯被动器件做日常检测。



产品特点：

- 全光学方案，专利 SBS 技术，真实频谱；
- 10MHz 频谱分辨率，0.5pm 波长准确度；20nm/s 快速测量；
- C，L，O 波段覆盖；
- 正交分量（偏振）相关的频谱、位相、啁啾、时域信号测量；
- 光器件插损、回损、波长及偏振敏感分析测试；
- 复光学频谱仪，振幅、位相、啁啾等全面分析，无带宽限制，不依赖于调制格式；
- 高灵敏度、高免伪讯动态范围。

专业应用：

- OFDM；
- 无源器件分析；
- 主动器件分析；
- 位相信息分析；
- 可调谐光源研发与生产；
- 光纤传感；
- 光频梳测试；

主要参数指标：

型号	HDCA series 3	
波段	C+L band	O band
光谱范围	1510-1620 nm	1265-1345 nm
光谱分辨率	0.3MHz Min； 1MHz typ.	
通道数	标配 1 通道，最高可达 4 通道	
校准输入功率范围	+10 to -90 dBm	
输出功率	0dBm min	
波长准确度	± 0.5 pm	
插回损动态范围	插损 >85dB@100nm/s; 回损 >55dB	
测试功率准确度	插损 ± 0.1 dB typ.; 回损 ± 0.5 dB typ	
测试功率分辨率	0.001 dB	
PDL 偏振损耗分辨率	± 0.04 dB	
PDL 偏振损耗重复度	± 0.02 dB	
数据点	最高可设置到千万	

2. 通讯光源

在光通讯器件、链路测试中大量用到通讯波段的窄线宽可调谐光源以及其他光源设备。这些光源可与光功率计、频谱仪、波长计等构成测试系统。

2.1. 可调谐窄线宽激光器

可调谐窄线宽激光器通常是一台外腔式半导体激光器（ECDL）输出通讯波段、线宽可达 <100kHz、功率可达 15dBm 的激光。根据性能的不同，分为可调谐（可在一定范围内初调、精调、设定波长）及可连续扫描两种。通常后者造价较高，而前者则适合大多数不需要自动扫频的场合。

这类光源的典型应用包括：

- 器件与光模块测试：光学滤波器，插入器，FBG，耦合器，分束器，隔离器，光路由器 / 交换机，WSS 及波长阻断器，DWDM 器件
- 硅光子器件（如环境微腔）表征，量子点表征
- 精密光谱学
- 光学本振
- 相干光通讯
- 光学传感
- 传输链路 / 光放大器测试

2.1.1. TLG-220、TLG-320 可调谐激光器

TLG-220 为日本 Alnair Labs 公司提供的台式可调谐窄线宽光源，最多可支持 4 个通道输出；TLG-320 为插槽式多通道光源，适合自动化测试产线使用。



TLG-220（上）、TLG-320（下）

TLG-320 不支持面板控制与显示，只能通过电脑控制。其输出指标基本相同：

- <100kHz 线宽；
- 1MHz 调谐分辨率
- 最高四通道；可选模块式设计
- 25GHz ITU 格点可调谐
- 远程控制

型号	TLG-220	TLG-320
通道数目	模块式：1or 2 台式：1-4	机框：12 插槽 最大容纳：48 通道
计算机接口	模块式：RS232 台式：USB/GPIB	USB/GPIB/Ethernet
输出光功率范围	+9.5 ~ +15.5 dBm	
波长范围	C:1529-1567nm L 波段敬请垂询	C:1529-1567nm L:1570-1609nm
通道间隔	连续	
频率细调分辨率	1 MHz	
频率细调范围	±6 GHz	
频率精度	±2.5 GHz	
线宽	<100 kHz（瞬时，FWHM）	
边模抑制比	SMSR>40 dB	
RIN	-145 dB/Hz	
偏振消光比	PER>18 dB	
热机时间	30 秒	
光纤接口	FC/SC,SPC/APC	

2.1.2. WSL 可调谐激光器



	WSL-110
波长范围 nm	C: 1527.6 - 1565.5; L: 1568.77 - 1608.76
频率分辨率	100MHz
精调	1MHz
精调范围	±6GHz
频率精度	±2.5GHz
输出功率	C: 9.5 - 15.5 dBm; L: 8.5 - 14.5 dBm
线宽	<100kHz

WSL 为日本 Santec 公司生产的台式可调谐光源，提供 C 波段和 L 波段输出。

2.1.3. TSL 系列连续扫频激光器



Figure 1. The TSL Series

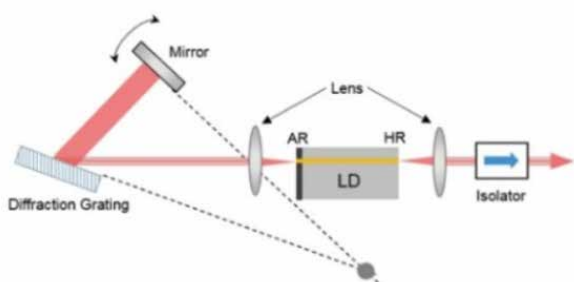
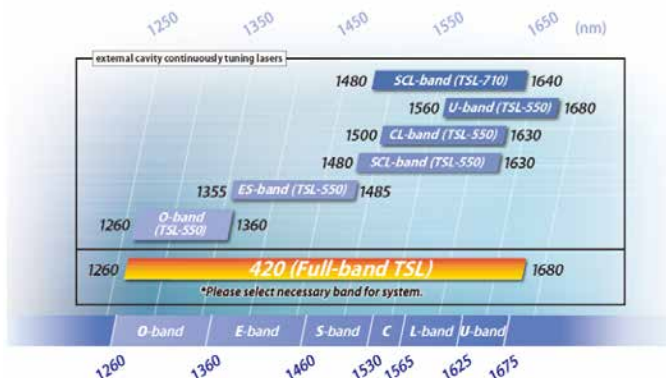


Figure 2. Littman-Metcalf Configuration



参数指标:

TSL570

	系列	TSL-570				
	型号	260360; 355485; 500630; 560680		240380; 355505; 480640		
	波长范围 nm	1260-1360/1355-1485/1500-1630/1560-1680nm		1240-1380/1355-1505/1480-1640nm		
种类	Type	A	C	A	C	P
波长特性	分辨率	0.1pm				
	波长稳定性 (typ)	±5pm	±1pm	±5pm	±1pm	±1pm
步进模式	波长绝对准确度_x001D_(typ)	±20pm	±5pm	±20pm	±5pm	±2pm
	波长重复性 (type)	±5pm	±1pm	±5pm	±1pm	±0.5pm
连续扫描模式 @100nm/s	波长绝对准确度_x001D_(typ)	±15pm	±3.5pm	±15pm	±5pm	±1.5pm
	波长重复性 (type)	±8pm	±1.5pm	±8pm	±1pm	±0.8pm
	扫描速度	1 -200 nm/s				
	精细调谐范围	10GHz				
输出功率特性	峰值输出功率	≥ 13dBm				
	全频段输出功率	≥ 7dBm				
	≥ 10dBm 调谐范围 nm	1260-1360/1380-1485/1500-1630/1560-1680nm		1260-1360/1380-1485/1500-1630nm		
	功率稳定性	±0.01dB				
步进模式	功率重复性	±0.01dB				
	输出平坦度与波长比	±0.2dB				
连续扫描模式 @100nm/s	动态功率重复性	±0.01dB				
	动态相对功率平坦度	±0.2dB				
	相对强度噪声 RIN (typ)	-145dB/Hz (1MHz ~ 3GHz)				
光谱	线宽（相干控制关）	200kHz				100kHz
	线宽（相干控制开）	40MHz				
	SMSR (typ)	≥ 45dB				
	STSSER	≥ 70dB				
	SSSER	≥ 80dB/nm （≥ 90dB/0.1nm）				
通用	光纤出端口	FC 或 SC/ SPC 或 APC				
	通讯接口	GPIB, USB, Ethernet				
	频率强度调制	DC ~ 400kHz: 输入 -2 ~ 0V: 调制深度 >50%/V				

TSL-770

	系列	TSL-770	
波长特性	波段	CL	SCL
	波长范围 nm	1490-1630nm	1480-1640nm
	波长分辨率	0.1pm	
	波长绝对精度	±1.5pm at 15-35oC 工作温度; ±0.5pm typ. at 25±1oC	
	波长重复性	±0.5pm (±0.2pm typ)	
	波长稳定性	±0.5pm (24 小时) typ.	
	扫描速度	0.5 -200 nm/s	
	精细调谐范围	10GHz	
输出功率特性	峰值输出功率	≧ 13dBm	
	≧ 10dBm 调谐范围 nm	≧ 10dBm(1500-1630nm)	≧ 10dBm(1500-1630nm)
	全调谐范围输出功率	≧ 7dBm	≧ 8dBm
	功率重复性	±0.01dB (±0.002dB typ.)	
	功率稳定性	±0.01dB(1 小时) ; ±0.02dB(24 小时) typ.	
	输出平坦度与波长比	±0.2dB (±0.05dB typ.)	
光谱特性	相对强度噪声 RIN (typ)	-145dB/Hz (1MHz ~ 3GHz)	
	线宽 (相干控制关)	60kHz	
	线宽 (相干控制开)	40MHz	
	SMSR (typ)	≧ 50dB	
	STSSER	≧ 70dB	
	SSSER	≧ 80dB/nm (≧ 90dB/0.1nm)	
通用特性	光纤出端口	FC 或 SC/ SPC 或 APC	
	通讯接口	GPIB, USB, Ethernet	
	频率强度调制	低频调制 DC ~ 400kHz typ.; 高频调制 (可选) 2-100MHz typ.	



多台 Santec 可调谐光源与光开关（OSU-100）组合，可构成全波段可调谐光源，覆盖 1260 ~ 1680nm。

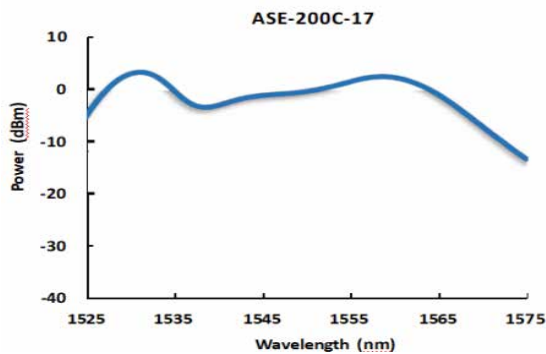
2.2. 其他光源

2.2.1. 宽带 ASE 光源

Alnair Labs ASE-200 型宽带光源提供 C 或 L 波段宽光谱输出，最高功率可达 23dBm。稳定性可达 0.005dB/5mins，0.02dB/8hrs。宽带光源可结合滤波器构成单色光源或可调谐光源，也可结合 OSA 构成器件测试系统。主要应用包括：



- 光纤传感
- FBG 测试，DWDM 器件测试
- OCT
- 激光陀螺仪



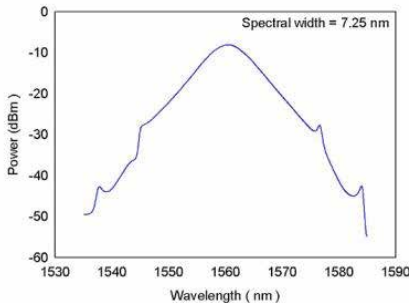
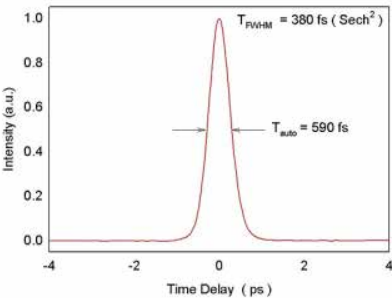
	C-Band		L-Band		
型号	+17dBm	+23dBm	+17dBm	+23dBm	单位
输出功率	> +17	> +23	> +17	> +23	dBm
功率谱密度 /nm	> -8	> -2	> -12	> -6	dBm
光谱范围	1528 ~ 1565		1570 ~ 1605		nm
输出稳定性 /5 分钟	< ±0.005				dB
输出稳定性 /8 小时	< ±0.02				dB
输出隔离度	>40				dB
输出偏振	<5				%
光纤	SMF-28e				
光纤接口	FC/ SC, SPC/ APC				
PC 界面	RS232				

2.2.2. 紧凑型光纤飞秒激光器

PFL-200 采用 Alnair Labs 独特的碳纳米管可饱和吸收体锁模，避免了普通光纤飞秒激光器 SESAM 可饱和吸收体的寿命问题。全保偏设计，输出 450fs 变换极限脉冲。模块式版本仅有手掌大小，5VDC 供电，开机即用。



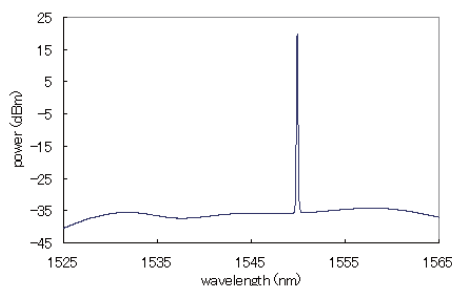
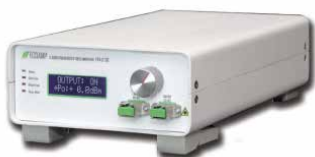
	min.	typ.	max.	unit
平均功率	2.5	3.2		mW
峰值功率		140		W
中心波长	1555	1560	1565	nm
光谱带宽		4.5		nm
脉冲宽度		570	800	fs
重复频率	35	40	45	MHz
偏振消光比	17	23		dB
光纤	PMF			
光纤接口	FC/ SC, SPC/ APC			
运行温度	+15 ~ +35			
储存温度	0 ~ +60			
供电	模块式：DC5V, 1A; 台式：AC100-240V, 50/60Hz			
尺寸	模块式：90×15×70; 台式：236×88×405			



2.2.3. 掺铒光纤放大器

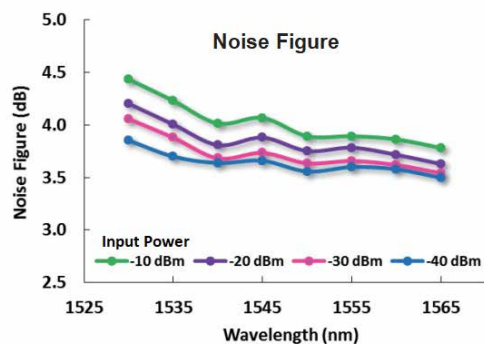
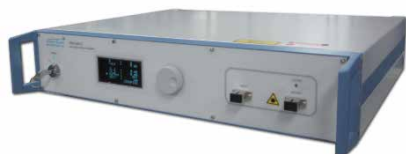
Alnair Labs 提供两款 EDFA，<3W 功耗、最高输出 20dBm 的 EFA-200C 以及 50dB 光学增益、噪声系数 3.8dB 的低噪声 EDFA LNA-220。

1) 低功耗 EDFA EFA-200C



型号	+13dBm	+15dBm	+17dBm	+20dBm	
工作波长	1530 ~ 1563				nm
饱和输出功率 @ 0dBm 输入	>+13	>+15	>+17	>+20	dBm
增益 @ 1550nm, -3dBm 输入	13	15	17	20	dB
输入功率范围	-10 ~ 10dBm				
噪声系数 @ 1550 nm, -3 dBm 输入	< 5.5 (typ. 5)				dB
输入 / 输出隔离	> 30				dB
偏振依赖增益 (PDG)	< 0.4 (ty p. 0.3)				dB
偏振模式色散 (PMD)	< 0.6 (ty p. 0.3)				ps
光纤	SMF-28e				
光纤接口	FC or SC, SPC or APC				
控制模式	Auto Power Control				
PC 界面 (可选)	RS-232, Ethernet				
工作温度	0 ~ +35				°C
存储温度	-10 ~ +70				°C
供电	AC 100-240 (50 / 60 Hz)				V
功耗	< 3				W

2) 低噪声 EDFA LNA-220



		单模光纤			保偏光纤			
		min	typ.	max	min	typ.	max	
工作波长		1530		1560	1530		1560	nm
饱和输出功率 @ -10dBm 输入	35dB 型号	+10			+10			dBm
	40dB 型号	+16			+16			dBm
输入功率范围		-40		-10	-40		-10	dBm
(@1532nm, 仅 C-Band)		-50		-10	-50		-10	dBm
增益 @ -40dBm 输入	35dB 型号	32	35		32	35		dB
	40dB 型号	40	42		40	42		dB
增益 @ -40dBm 输入	35dB 型号	43	45		38	40		dB
1532nm, 仅 C-Band	40dB 型号	50	52		50	52		dB
噪声系数 @ -40dBm 输入			3.8	4.0		3.2	3.5	dB
输入 / 输出隔离			30			30		dB
偏振依赖增益 (PDG)		0.3	0.5		-			dB
偏振模式色散 (PMD)		0.3	0.5		-			ps
偏振消光比 PER					20	22		dB
光纤		SMF-28e			Fujikura SM15-PS-U25			
光纤接口		FC / SC, SPC / APC						

3. 通讯仪器设备

3.1. 高速电子学设备

3.1.1. 皮秒脉冲电流发生器 EPG-210

不同于高带宽信号发生器只能输出电平信号,独特的皮秒脉冲电流发生器可驱动负载。最短 30ps 的脉冲,可用于触发调制器、激光驱动器,产生超高速调制信号;高电压输出选项支持直接驱动绝大多数市售的增益调制激光器。在激光加工领域,皮秒电流脉冲发生器可用于激光重频和脉宽控制。

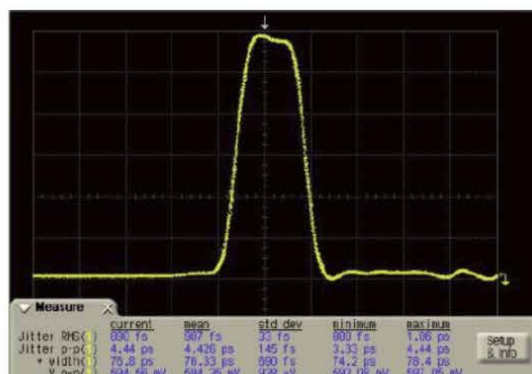
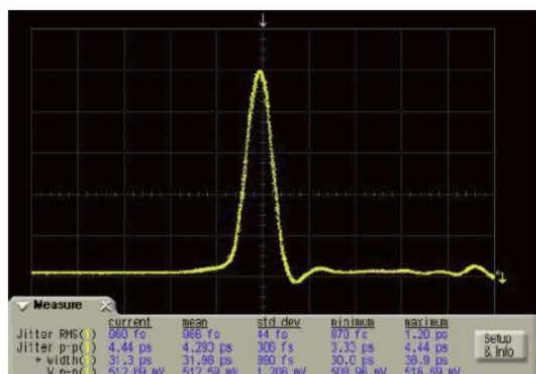


- 短至 30ps 的电脉冲, 可选脉宽可调至 200ps
- 17ps 快速上升 / 下降沿 + 低附加抖动
- 重频通过简单地调节输入时钟 / 触发在 1MHz ~ 5GHz 范围调节, 原则上可实现单发; 支持 pulse-on-demand
- 对比昂贵的 40Gbps 脉冲模式发生器, 具备极佳性价比
- 可调脉宽和重频
- 单端或差分输出

参数指标:

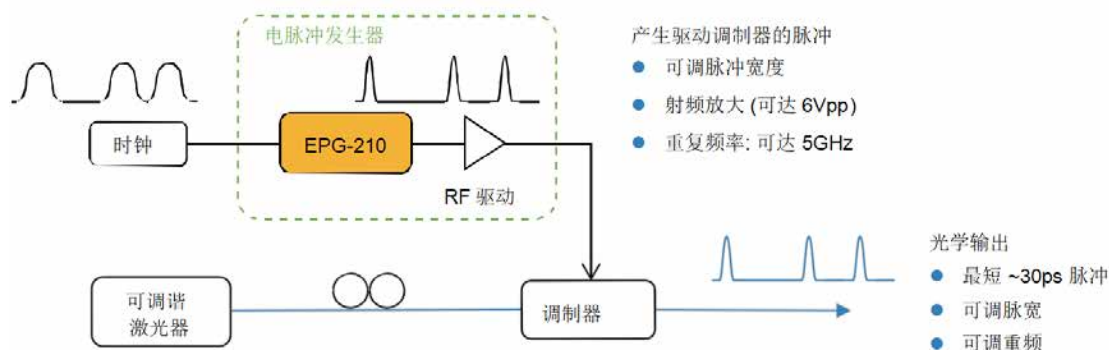
	min.	FWHM = 30 ps			FWHM ≥ 50 ps			unit
		typ.	max.	min.	typ.	max.		
输入	信号类型		正弦 / 方波			正弦 / 方波		Vpp
	输入电平	0.3		0.5	0.3		0.5	Vpp
	重复频率	0.001		5	0.001		5	GHz
输出	脉宽 (FWHM) (标准型)		30 +/-5			(50 / 75 / 100) +/-8		ps
	脉宽调节 (可选) 4	0		+200	0		+200	ps
	上升时间 (20 - 80 %)	12	14	17	14	17	19	ps
	下降时间 (20 - 80 %)	11	13	15	12	15	17	ps
	输出电压 (标准)	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7	Vpp
	(可选)	5			5			Vpp
	附加脉冲抖动			0.5			0.5	ps
	电学耦合	AC			AC			
	接口	Advanced SMA			Advanced SMA			
	阻抗		50			50		Ohm
	运行温度	15		35	15		35	°C
	储存温度	-20		70	-20		70	°C

输出示例:

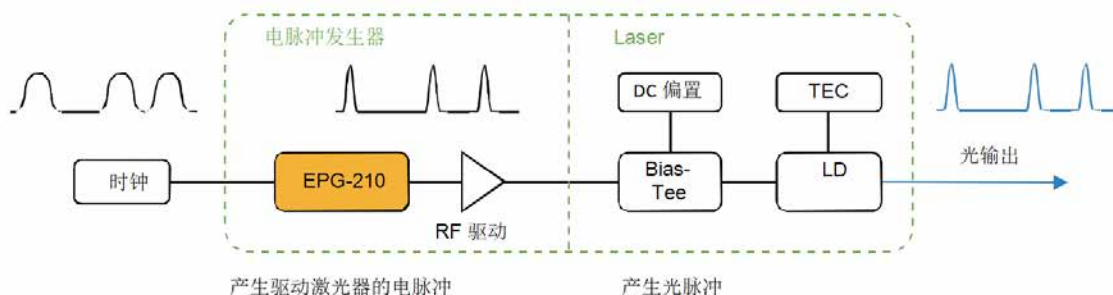


应用示例：

- 驱动铌酸锂调制器可产生 17ps 上升 / 下降沿光脉冲



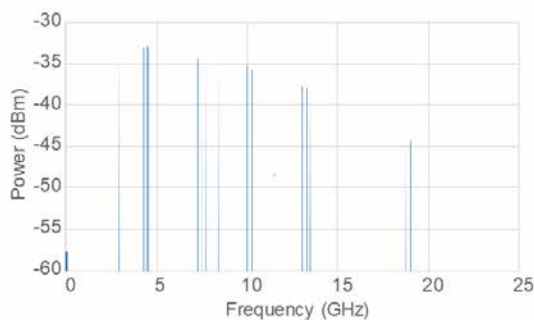
- 直接驱动增益调制激光器可产生 30-60ps 低抖动光脉冲



- 作为射频频率梳使用

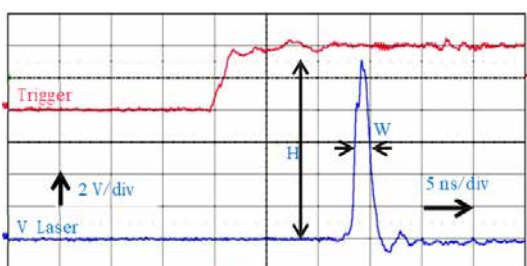
EPG-210 覆盖至 25GHz 的高速射频分量使其可以作为射频梳使用；梳齿间距可通过调节重频来改变；可用于射频天线表征、测试。

50ps / 250MHz 重频信号的 RF 频谱



3.1.2. 大电流脉冲电流发生器

CPG-100B-1000P 可产生高达 100A 的纳秒脉冲；也可作为跨导放大器为纳秒脉冲信号提供功率驱动能力。



- 50 Ω 纳秒脉冲放大器或 100A/ 纳秒脉冲电流激光驱动器
- 高功率转换效率，宽度及高度可调脉冲
- LIDAR，激光材料处理，泵浦激光，引线点燃，相控阵雷达，激光瞄靶等应用

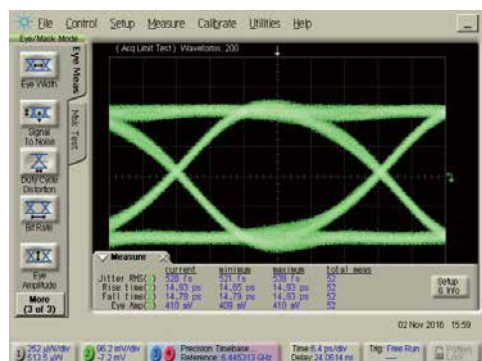
类别	参数	指标	单位
产品信息	型号	CPG-100B-1000-P-X-X	
	重复频率	单发 ~ 400	kHz
发生器	待机功耗	< 50	mW
	时间分辨	依据触发输入的透明定时	
	精度	取决于输入信号	
	附加抖动	< 5	ps
	突发模式	输出跟随输入	
	输出脉冲模式	单发 / 突发 / 周期	
输出	触发	外触发 50 Ω 输入	
	脉冲宽度，固定的	Typ. 1 ~ 5	ns
	脉冲宽度调节	待询	
	输出电平 (50 Ω 放大器版本)	> (供电 - 4V)	
	脉冲电流 @ 并联电感 = 300 pH, 脉宽 = 3 ns	100A (供电 = 30V)	
		150A (供电 = 40V)	
		350A (供电 = 100V)	
	脉冲电流 @ 并联电感 = 300 pH, 脉宽 = 5 ns	160A (供电 = 30V)	
		250A (供电 = 40V)	
		500A (供电 = 100V)	
	电流摆率	3,33	A/ns/V
	输出阻抗 (大电流驱动器版本)	10 ~ 100	m Ω
	输出耦合	AC Coupling	
	射频接口	Advanced SMA	

3.1.3. 28Gbps 误码仪

BERT-250E-4CH 为产线测试适应的易用性误码仪，提供 4 通道、28Gbps 误码率测试能力，用于收发器、TOSA、ROSA 测试以及光调制器测试。



应用示例：25.8Gbps 眼图



- 内置 CDR
- 最大 4 通道，28Gbps
- 远程控制功能

参数指标：

		min.	typ.	max.	unit
脉冲模式发生器	数据速率	25.0		28.3	Gbps
	数据模式		$2^9-1, 2^{15}-1, 2^{31}-1$		
	输出电压	400			mVpp
	上升 / 下降时间 (20-80%)		15	17	ps
	抖动 (rms)		0.6	0.9	ps
误码检测器	输入灵敏度		25		mVpp

- TOSA/ROSA，高速 IC，收发器 / 接收器在线检测
- 数据链路性能测试
- 100GbE 应用
- 传输系统测试

3.1.4. 10Gbps 串行误码仪

SeBERT-100 型串行误码仪包括一个模式发生器，错误探测器以及内部时钟数据恢复功能。支持 10Gbps 码率，适合生产线使用，可用于 TOSA/ ROSA 检测以及光调制器驱动。

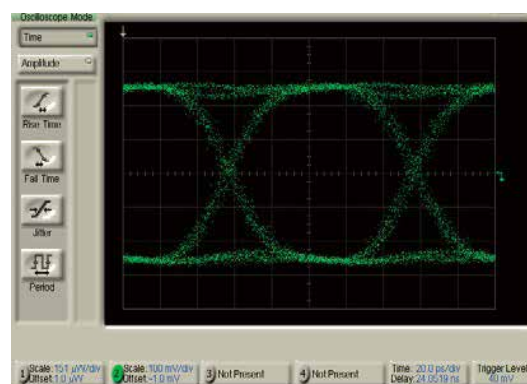


- 10Gbps，最高四通道
- SFP+/ XFP 兼容插口可选
- 27-1,231-1 或 64 位可定义 PRBS
- 内置 CDR、内置时钟
- 单通道或多通道（可达 10 通道）
- 预加重、交叉点及 EAM 驱动选项
- 远程控制

参数指标

		min	typ.	max	单位
脉冲模式发生器	数据速率	9.95328		11.32	
	数据模式	PRBS: 27-1, 223-1, 231-1, or 64 bit user-defined			
	输出电压	300		500	mVpp
	上升 / 下降时间 (20-80%)		23		ps
	抖动 (rms)		1.5		ps
误码探测器	输入灵敏度		30		mVpp
	探测阈值	-64	0	+64	mV
	PC 界面		USB		

应用示例



左：软件界面；右：10Gbps 眼图

典型应用领域

- 10G, 4×10G, 10×10G 器件或光纤链路检测
- 低成本 TX/ RX 器件检测线
- 数据传输实验

3.2. 光学滤波器

光学滤波器采用 FBG、自由空间光栅、镀膜滤光片等色散元件，实现高对比度的波长依赖的透过 / 反射，广泛用于信号噪声滤除、单色光源产生、器件测试等。

光学滤波器的主要特性包括：

- 可调谐范围：是指滤波器透过率峰值波长的可变范围；
- 滤波带宽：通常指透过率下降为峰值透过率的 -3dB 处的带宽；
- 滤波线性与斜率：滤波器具备平顶、高斯等不同滤波线性；斜率是指透过率相对于波长变化的斜率。

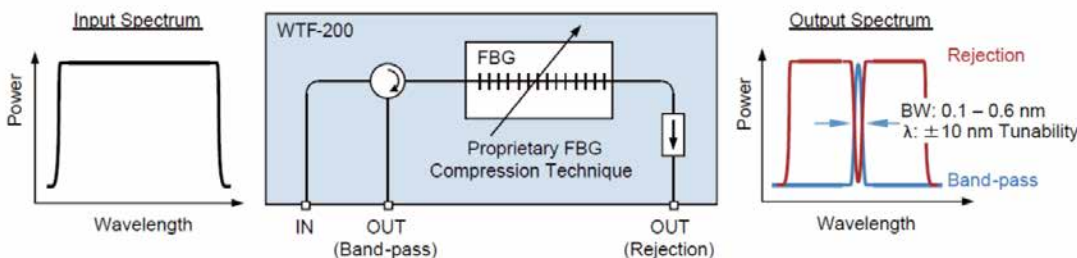
3.2.1. 可调谐 FBG 滤波器

WTF-200 可调谐 FBG 滤波器采用压缩 FBG 的方式进行调节。与传统的伸展式调节相比，调谐范围更宽，典型调谐范围可达 20nm。



- 窄带光学滤波
- 锐利的滤波边沿
- 低插入损耗
- 带通或带阻

工作原理



技术参数

型号	T01			T02			T03			
	min	typ	max	min	typ	max	min	typ	max	
调谐范围	10			20			20			nm
3dB 带宽	0.08	0.1	0.16		0.2-0.3			0.4-0.6		nm
峰值插损		3.5	8		2.5	3.5		2.5	3.5	dB
插损起伏		0.2	0.5		0.2	0.5		0.2	0.5	dB
带外抑制	23	26		23	26		23	26		dB
陷波深度		3-6			10		15			dB
中心波长	1030-1070/ 1280-1330/ 1520-1610									nm
最高输入	0.5									W
光纤	SMF or PMF									
接口	FC/SC, SPC/APC									

典型应用

- 光信号选择 / 滤除
- 背景噪声抑制
- 可调谐激光反射器

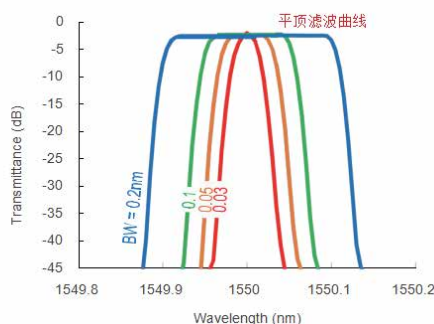
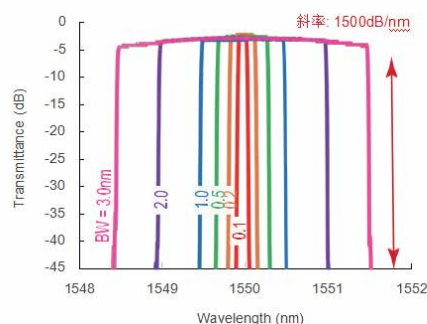
3.2.2. 超窄线宽可调谐滤波器

CVF-300CL/ BVF-300CL 分别为可编程 / 手动的超窄线宽可调谐滤波器：中心波长可调，滤波线宽最小可达 30pm (3.7GHz)，可达 1500dB/nm 的滤波斜率。



- 超锐利滤波：1500dB/nm
- 极窄线宽：30pm (3.7GHz)
- 灵活配置：带宽和中心波长可调
- 远程控制和功率监控 (CVF-300CL)

滤波性能



- 高达 1500dB/nm (12dB/GHz) 滤波曲线而不必在可变的滤波线宽和中心波长等参数方面予以妥协，为 DWDM 通道选择以及 ASE 噪声滤除的理想选择；
- 最窄 3dB 带宽为 30pm，且支持 30pm ~ 3nm 连续调节。结合 Etalon 可实现 <1GHz 的光频梳梳齿选择功能

典型应用

- 在线自动化测试系统
- DWDM 系统窄带滤波
- 脉冲成型，ASE 噪声滤除

参数指标

	CVF-300CL			BVF-300CL			
	min	typ	max	min	typ	max	
3dB 带宽调节范围	0.03		3	0.03		3	nm
3dB 带宽调节范围	3.7		370	3.7		370	GHz
滤波斜率	1000	1500		1000	1500		dB/nm
中心波长可调范围	1525		1610	1525		1610	nm
标准可选	1515		1630	1515		1630	nm
波长准确度		±0.05			-		nm
波长可重复性		±0.01			-w		nm
插损 (3dB 线宽 >0.1nm)		4.5	6.5		4.5	5.5	dB
(3dB 带宽 =0.03nm)		5.5	8		5.5	7	dB
回损	40	45		40	45		dB
带外抑制	40	50		40	50		dB
偏振依赖损耗 (PMF)		0.2			0.2		dB
最高输入功率		500			500		mW
光纤			SMF 或 PMF				
接口			FC/SC, SPC/APC				
高级功能		峰值定位 / 内置功率计			-		

3.2.3. SANTEC 系列可调谐滤波器

Santec 提供 OTF 系列手动、自动可调谐滤波器，不同的调谐范围、滤波带宽、滤波线性满足不同应用的需求。

1) OTF-320 手动可调谐滤波器

OTF-320 具备固定的滤波线性、带宽，调谐范围可达 80nm。OTF-320 采用镀膜滤光片实现光学滤波，可选择不同的滤光片来实现不同的性能。OTF-320 为手动调谐，波长通过刻度盘显示。

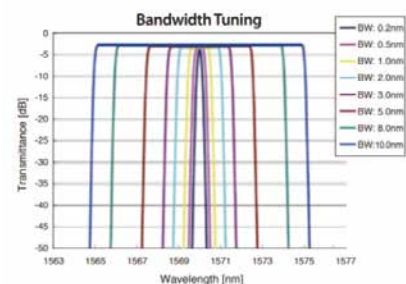
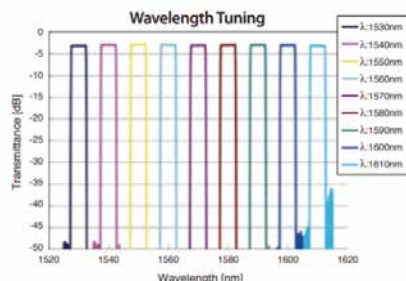
可选滤光片



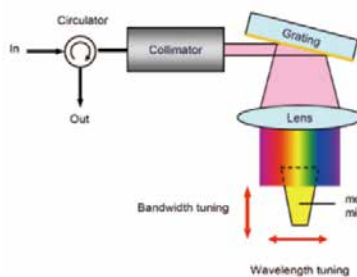
- 可调谐范围：可达 80nm
- 波长范围：1530 ~ 1610nm
- -3dB 带宽：0.25 ~ 1.5nm 可选
- -20dB 带宽：1.2 ~ 32nm 可选
- 插入损耗：2.0 ~ 7.0dB 取决于滤光片
- 偏振依赖损耗：<0.1dB
- 回损：>45dB

滤光片标号	03			04			06		
滤光片结构	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
-3dB (nm) 带宽	0.4±0.1	0.3±0.1	0.25±0.1	0.5±0.1	0.35±0.1	0.3±0.1	0.7±0.1	0.5±0.1	0.4±0.1
-20dB 带宽 (nm)	<3.8	<1.5	<1.2	<5.0	<1.7	<1.2	<7.5	<2.4	<1.5
插损 (dB)	3.5	6	7.5	3	5	6.5	2.5	3	4
色散 (ps/nm)	23	33.5	35	18	21.5	26	6.5	14.5	26.5
	-19	-31.5	-23	-12.5	-17.5	-17	-6.5	-11	-17.5
滤光片标号	08			12			24		
滤光片结构	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
-3dB (nm) 带宽	0.95±0.1	0.65±0.1	0.5±0.1	1.3±0.1	0.9±0.1	0.7±0.1	2.9±0.3	1.95±0.3	1.5±0.3
-20dB 带宽 (nm)	< 9.8	< 3.0	< 2.2	< 15.0	< 4.5	< 3.0	<32.0	< 10.0	< 6.5
插损 (dB)	2	3	3.5	2	2.5	3	2.5	2.5	2.5
色散 (ps/nm)	7	8	12	3.5	5	8	3.5	3.5	3.5
	-7	-5	-10.5	-4	-5	-5.5	-3.5	-3.5	-3.5
滤光片标号	05(1500~1630nm)			12(1270~1350nm)			50		
滤光片结构	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1		
-3dB (nm) 带宽	0.5±0.1	0.35±0.1	0.3±0.1	1.3±0.15	0.9±0.1	0.7±0.1	5.5±1.0		
-20dB 带宽 (nm)	< 5.0	< 1.7	< 1.2	< 15.0	< 4.5	< 3.0	<60(Typ.)		
插损 (dB)	4.5	6.5	8	3	3.5	4	2.9		
色散 (ps/nm)	18	21.5	26	3.5	5	8	-		
	-12.5	-17.5	-17	-4	-5	-5.5	-		

2) OTF-350 波长及带宽可调谐滤波器



OTF-350 是一款多功能的手动可调光学滤波器，波长和带宽独立可调。OTF 滤波器基于光栅色散，独立的高精度自由空间光路和精准的调节机构可实现优异的光控制和平坦带通曲线。



典型应用

- 40G, 100G 传输测试
- WDM 波长调谐
- ASE 噪声抑制
- 脉冲整形
- 下一代光通讯：OFDM

参数	单位	0.2 ~ 10nm 带宽型号	0.1 ~ 15nm 带宽型号
波长范围	nm	1530 ~ 1610	
调谐范围	nm	80	
-3dB 带宽	nm	0.2 ~ 10.0	0.1 ~ 15.0
-20dB 带宽	nm	≤ 0.6 (-3dB BW = 0.2nm) ≤ 11 (-3dB BW = 10nm)	≤ 0.4 (-3dB BW = 0.1nm) ≤ 15.5 (-3dB BW = 15nm)
群速度色散	ps/nm	≤ ±1 (典型 ≤ ±0.2)	
最高输入功率	dBm	+25	
插入损耗	dB	≤ 5 (典型 ≤ 3.5) for ≥ 0.5nm BW ≤ 7for ≤ 0.5nm BW	≤ 5 (典型 ≤ 3.5) for ≥ 0.2nm BW ≤ 7for ≤ 0.2nm BW
插入损耗一致性	dB	≤ 0.5	
回损	dB	≥ 40 (典型 ≥ 45)	
串扰	dB	≥ 50 (典型值)	
PDL	dB	≤ 0.25	

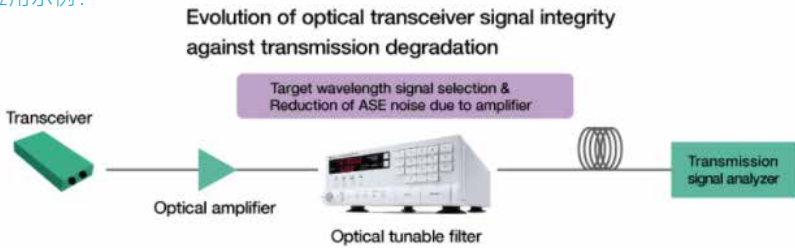
3) OTF-930 可编程可调谐滤波器

OTF-930 采用镀膜滤光片，是一款偏振无关的 80nm 范围自动可调谐滤波器。Santec 独特的“Linear Sliding”技术使其可在 PDL，带宽和插损不变的情况下进行精确的连续波长调谐。



- 可调谐范围：可达 80nm
- 波长范围：1530 ~ 1610nm
- PDL：< 0.1dB
- PMD：<0.1ps
- 波长分辨率：0.01nm
- GPIB + RS232
- 滤光片：参见 OTF-320 滤光片选择表格

应用示例：



Tranciever 信号完整性传输劣化测试

4) OTF-980 可编程、带宽可调、可调谐滤波器

OTF-980 支持中心波长、带宽的独立编程调节，调谐范围可覆盖 C+L 波段。根据不同的应用需求，按照带宽范围和滤波斜率分为三个版本，其中 Ultrafine-Plus 可做到 1000dB/nm 的滤波斜率。系统提供触屏控制及 GPIB、网口、USB 远程控制。



类别	参数	单位	Standard	Ultrafine	Ultrafine-Plus
波长	波长范围	nm	1525 to 1610		
	精度	nm	±0.05 (typ.±0.03)		
	可重复性	nm	±0.01 (typ.±0.005 *4)		
	设置分辨率	nm	0.001		
滤波器	带宽 @-3dB	nm	0.1 to 15	0.08 to 4	0.05 to 3
	精度	nm	±0.05 (typ.±0.03)		
	可重复性	nm	±0.01		
	设置分辨率	nm	0.001		
功率特性	滤波斜率	dB/nm	200	500	1000
	最高输入功率	dBm	+27		
	插损	dB	5 (typ. 3.5)		
	带宽 ≥ 0.2nm	dB	7 (typ. 5.5)		
	带宽 <0.2nm	dB	6 (typ. 5)		
	串扰 (typ.)	dB	50		
	PDL (typ.)	dB	0.2		
介面	峰值寻找功能 (可选)	-	Yes		
	通讯	-	GP-IB (IEEE488.2), USB & Ethernet		
	显示		5.6"触屏 (640×480)		
	光纤		SMF		
	光学接口		FC or SC		
	光学切抛		SPC or APC (Angled PC)		

3.3. 光测试与控制

3.3.1 光功率计

1) OPM-110 USB 接口光功率计

OPM-110 可直接由 USB 接口供电并和计算机通讯，是架构通讯波段光功率测试最为经济有效的方式。



探头	1mm InGaAs	3mm InGaAs	5mm InGaAs	10mm InGaAs	3mm Silicon
波长范围	850-1650nm				400-1100nm
功率范围	6to -72dBm	3 to -72dBm	0 to -65dBm	0 to -55dBm	0 to -65dBm
总不确定度	±0.25dB				
功率分辨率	0.001dB				
线性度	±0.02 (<10dB); ±0.05 (>10dB);				
采样时间	30ms				
通讯接口	USB				
输入电压	5V DC				
功耗	0.5VA				

2) OPM-150 多通道光功率计

OPM-150 为台式多通道光功率计，用户可选择最多 24 个通道。



探头	1mm InGaAs	3mm InGaAs	5mm InGaAs	10mm InGaAs	3mm Silicon
波长范围	850-1650nm				400-1100nm
功率范围	6to -72dBm	3 to -72dBm	0 to -65dBm	0 to -55dBm	0 to -65dBm
总不确定度	±0.25dB				
功率分辨率	0.001dB				
线性度	±0.02 (<10dB); ±0.05 (>10dB);				
通道数	1, 4, 8, 12, 16, 24				
采样时间	12.5ms				
通讯接口	USB 或 Ethernet				
输入电压	220V, 50Hz				
功耗	36VA				

3) OPM-160 快速光功率计

OPM-150 可最多从 24 个通道的快速光功率探头以 8us 的速度快速采样，采样频率高达 125kHz, 超过 IEC 61300-3-28 瞬态损耗测量标准。



探头	1mm InGaAs	3mm Silicon
波长范围	830-1700nm	400-1100nm
功率范围	6to -72dBm	3 to -65dBm
总不确定度	±0.25dB	
功率分辨率	0.001dB	
线性度	±0.02 (<10dB); ±0.05 (>10dB)	
通道数	8, 12, 16, 24	
采样时间	8us	
通讯接口	USB	
输入电压	220V, 50Hz	
功耗	18VA	

4) DTS-100 间断测试系统

DTS-100 允许您捕获短暂的光功率中断，可应用于各种有源或无源器件，在温度、振动或物理冲击下的信号丢失、瞬态输出或透射率



型号	DTS-100
探头形态	300um InGaAs
波长范围	830-1650nm
功率范围	-2 to -40 dBm
接收器带宽	> 2MHz
线性放大器输出	0 to 2.5 V
事件持续时间	0.8us to 1s
事件幅值	0.5 to 3dB(可选)
事件间隔	0.4us
事件跟踪	750 取样
通讯接口	USB

5) MPM-210 多端口光功率计

MPM-210 系列为新型的多端口光功率计，非常适合测量多端口光学设备。MPM-210 可以非常快的速度和高分辨率同时测量多达 20 个端口（每个 MPM-211 模块 4 个通道）的光功率。具备高精度，高线性度，极低偏振依赖。可测量 1250~1650nm 范围内 -80~+10dBm 的光功率，提供 GPIB、RS232、TCP/IP 通讯界面

MPM-210 为插入损耗（IL）、偏振依赖损耗（PDL）的理想测试设备，适合 DWDM、AWG、WSS 等多种应用场景。与 Santec 的 TSL 系列扫频光源结合，可构成快速高精度的自动化测试系统。



主机箱 MPM-210H

型号	MPM210H
功率计通讯口	GPIB, Ethernet, RS-232C
系统控制口	USB
外触发输入	TTL (3.3V) BNC
触发输出	TTL (3.3V) BNC
功率监控模拟信号	0 to 3V BNC

MPM-213 电流计模块

型号	MPM-213
电流动态范围	G-70 to +10 dB@ 100pA to 10mA
定增益动态范围	45 dB
增益级数	4
最高安全电流	16 dBmA
总不确定度	+/-5 %@-45 to 9 dBmA 平均时间 >10ms; +/-1% @>-35dBmA (typ.) 平均时间 >10ms
分辨率	0.001dB
线性度	+/-0.03%@-45 to +9 dBmA, 平均时间 >10ms
每模块端口数	4
输入接口	BNC

功率计模块

型号	MPM211	MPM212	MPM215
传感器	InGaAs		
波长范围	1250-1680nm		
参数保证范围	1250-1630nm		
功率动态范围	-80 to 10 dBm		-70 to +5 dBm
定增益动态范围	45 dB		70 dB
增益级数	5		1
最高安全功率	+16 dBm		
总不确定度	+/-5% (-60 to 9 dBm)		+/-5% (> -55dBm)
功率分辨率	0.001dB		
线性度	+/-0.03 @-55 to 9 dBm		+/-0.02 @> -40 dBm; +/-0.05 @> -50 dBm
偏振依赖响应	<0.025 dB@1525-1585nm; <0.03dB @1270-1630nm		
平均时间	10us 到 10s		
每模块端口数	4 口	2 口	4 口
模拟输出	无	有	无
光学接口	FC		

3.3.1. 可编程光延时器

ADL-200 可编程光延时器提供高达 2.5ns 的可调延时，具备低插损、低损耗起伏的特征，适合各种延迟线应用。



主要应用

- 光通讯
- 相干光通讯
- 光纤传感
- 脉冲表征
- 2.5ns 可调延时
- 低损耗 + 低损耗起伏
- 前面板控制，VFD 清晰显示
- USB+GPIB

技术指标

	1.5ns 型号	2.5ns 型号	
波长范围	1520 ~ 1640		nm
插入损耗	<1.5	<3.0	dB
插入损耗起伏	<0.5		dB
延时分辨率	<15	<30	fs
延时精度	<45	<90	fs
回损	>40		dB
偏振消光比 PER	>18		dB
光纤	SMF or PMF		
接口	FC/SPC, SPC/APC		
操作界面	前面板按键，USB，GPIB		

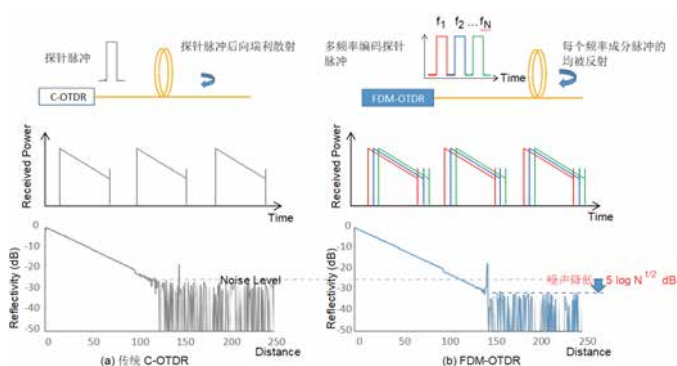
3.3.2. 频分复用光时域反射仪

FOTDR-300 频分复用相干光时域反射仪 (Frequency-Division-Multiplexed Coherent OTDR) 不同于传统的 C-OTDR。它在同一个时间段内发送不同频率的多个探针脉冲，从而在同样的测试时间内获取更多的数据，因此可以在相同时间内获得更高的信噪比，或者在同等信噪比下大幅度缩减测量时间。



- >23dB 动态范围
- 较传统 OTDR 快 10 ~ 40 倍
- 可测试长达一万二千公里的海底光缆

测试原理



技术指标

中心波长 (OTDR)	1535.03 ~ 1565.08 (ITU-Grid, fixed at time of order)	nm
中心波长 (dummy)	Center wavelength (OTDR) +/- 3	nm
脉冲宽度	2.5, 5, 10, 30, 60, 100	μ s
输出功率	0 ~ +13 (0.2 dB step)	dBm
动态范围 1	> 23	dB
锐利死区 2	< 0.5	km
光学接口	FC, SC, LC, ST (PC/APC, other types can also be specified)	
距离范围	100, 500 ~ 12,000 (500 km step)	km
频率复用	1, 10, 40	
平均 IOR (Index of refraction)	28 ~ 224	
模式	1.300000 ~ 1.700000	
显示	Normal / High resolution	
PC 界面	10.1inch VGA(1024x600), color LCD, touch panel	
供电	USB (3 ports), RJ-45 (1 port), VGA (1 port)	
功耗	AC 100-240 (50 / 60 Hz)	Vac
浪涌电流	220	W
尺寸 (W x H x D)	25	A
重量	450 x 240 x 440	mm
运行温度	< 20	kg
存储温度	10 ~ 40	$^{\circ}$ C
湿度范围	-10 ~ 50	$^{\circ}$ C
EMC	40 ~ 80	%
冲击	CISPR22, IEC61000-4-2, EC61000-4-3, IEC61000-4-4, IEC61000-4-5, IEC61000-4-6	
振动	IEC C60068-2-27	
	IEC C60068-2-6	

1. With the setting: Pulse width 10 μ s, Average 216, Distance range 1,000 km, with added ASE, Frequency MUX 40;
2. With the setting: Pulse width 10 μ s, Frequency MUX 40;
3. Width is 480 mm including 19" rack fixture;

3.3.3. 模块式偏振控制器

MLC 系列控制模块用于灵活地控制激光的偏振和强度。采用卡槽式设计，三个卡位可放置半波片、四分之一波片、偏振片卡盘的灵活组合，并可分别精密调节；两端光纤接口用于光信号输入输出。光学元件卡盘具备清晰的读数，使得精密调节简便易行，稳定性、重复性俱佳。



- 卡盘式设计
- 高精度波片、偏振片、衰减片
- 低插损 / 回损

技术指标

	参数	min.	typ.	max.	unit
准直器 O	插损 *			0.8	dB
	回损	50			dB
	光纤	SMF or PMF			
	接口	FC or SC, SPC or APC			
半波片, 1/4 波片	尺寸	83 x 35 x 32			mm
	插损		0.1		dB
	损耗起伏		0.1		dB
偏振片	超额损失		0.1		dB
	消光比		35		dB

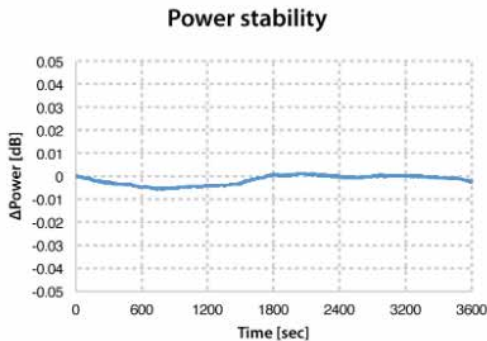
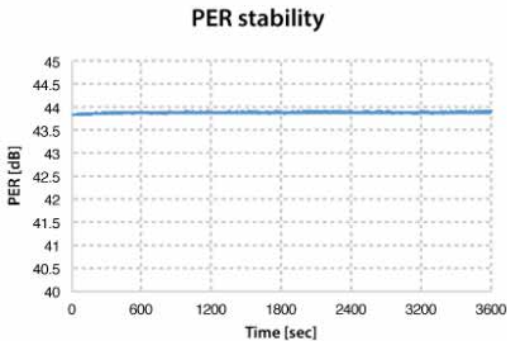
*: 已包括光纤接头损耗

3.3.4. 偏振光源

Santec PLS-100 偏振光源面向偏振相关器件研发和产品线测试，提供 1330nm、1550nm，高稳定功率的 45dB 消光比可调节偏振光输出。典型应用包括光学元器件的偏振测试与调整，保偏光纤接头的测试与固定作业等。



参数	单位	指标	备注
输出波长	nm	1310±20 or 1550±20	
偏振消光比 (PER)	dB	40	45dB typically
消光比稳定性	dB/hr	±0.5	±0.1 typically
输出功率	dBm	0	+3dBm typically
功率稳定性	dB/hr	<±0.1	±0.05 typically
输出功率偏振依赖	dB	±0.2	
线宽	nm	>20	
光学接口	-	FC or SC	
接头切抛	-	SPC	
偏振方向调节功能	°	2	精调
	°	180	细条



3.3.5. 消光比测试仪



性能

- 1260 ~ 1630nm 全带
- 消光比, 光功率, 偏振角同时显示
- 50dB PER 测量动态范围
- 宽范围功率输出 (-40~+10dBm/-25~+20dBm)
- 光电管模拟信号直接输出
- 实时 (10Hz) 测量
- 可更换接头: FC, SC, LC

应用

- 光器件偏振轴对准
- 跳线接头评估
- PMF 尾纤 LD 评估
- 保偏光纤熔接

类别	单位	常规功率版本		高功率版本	
波长范围	nm	1260-1630			
PER 动态范围	dB	50		40	
PER 测量范围	dB	0 to 50	-5 ~ +10dBm	-	-
	0 to 40	-15 ~ +10dBm	0 to 40	-5 ~ +20dBm	
	0 to 30	-25 ~ +10dBm	0 to 30	-15 ~ +20dBm	
	0 to 20	-35 ~ +10dBm	0 to 20	-25 ~ +20dBm	
PER 分辨率	dB	0.01			
PER 精度	PER <30dB	<±0.3			
	PER ≥ 30dB	<±1.0		<±1.0	
输入功率范围	dBm	-40 ~ +10		-25 ~ +20	
功率分辨率	dB	0.01			
功率准确度	dB	<±0.3			
偏振角分辨率	°	0.12			
偏振角准确度	°	<±0.45			
测量速度	sec	0.1/ 0.2/ 0.4			
介面	-	GP-IB, RS-232C			

3.3.6. 插损回损测试仪



ILM-100 插损测试仪

型号	ILM-100 插入损耗测试仪	
模式	单模	多模
光纤芯径	9/125 μm	50/125; 62.5/125; 100/140 μm
归一化波长	1310/1490/1550/1625 nm	850/1300 nm
输出功率 typ.	0 dBm	-18/-21 dBm
信号源稳定度	±0.02 dB	
探测器型态	1mm InGaAs; 3mm InGaAs	
功率测试范围	6 to -72dBm; 3 to -72dBm	
探头线性度	±0.02 (<10dB); ±0.05 (>10dB);	
探头总不确定度	±0.25dB	
显示屏	4.3 英寸触摸屏	

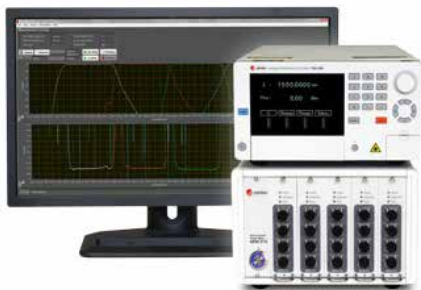


RLM-100 回损测试仪

型号	RLM-100 回损测试仪	
模式	单模	多模
光纤芯径	9/125 μm	50/125; 62.5/125 μm
归一化波长	1310/1490/1550/1625/1650 nm	850/1300 nm
回损范围	35 to 85 dB	10 to 60 dB
回损测试准确度	±1.0dB (30 to 70 dB)	±1.4dB (10 to 30 dB)
	±1.3dB (70 to 75 dB)	±1.9dB (30 to 40 dB)
	±2.9dB (75 to 80 dB)	±2.2dB (40 to 43 dB)
	±3.9dB (80 to 85 dB)	±4.7dB (43 to 60 dB)
探头型态	积分球	
插损测试准确度	±0.03 (<5dB loss); ±0.15 (≥ 5dB loss);	
测试时间	标准模式: <5s/ 波长; 快速模式: <1.5s/ 波长	
计算机接口	Ethernet /USB	
显示屏	5 英寸触摸屏	

3.3.7. 快速扫描测量系统

快速扫描测量系统整合了 TSL 可调谐激光器、MPM 光功率计、PCU 偏振控制器及根据用户需求自定义的软件，为 R&D 及生产环境的 IL、WDL、PDL 测试提供快速、多功能、全自动的平台。系统同时采集可调谐光源的输出功率及 DUT 透过的光功率作实时参比，获取高精度的 IL、WDL 以及 PDL（采用 Muller 矩阵方法）。



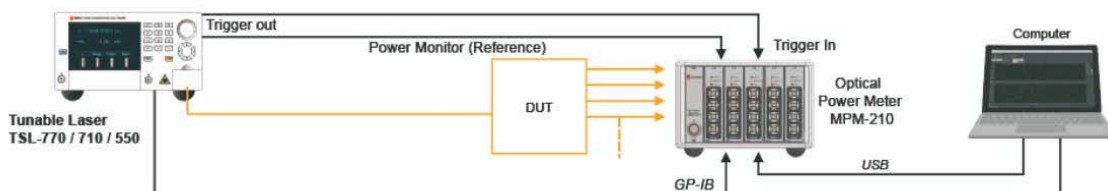
性能优势

- 实时功率参考：高精度的 WDL/PDL 测试
 - 功率可重复性 $< \pm 0.02\text{dB}$
 - PDL 可重复性 $< \pm 0.01\text{dB}$
- 缩放运算：高波长精度 / 节省测量时间
- 支持多通道测量
- 支持图形界面软件及编程接口（DLL）

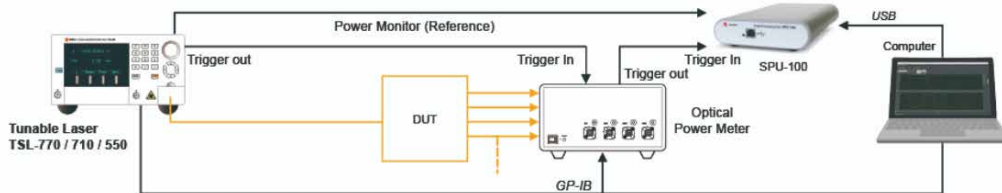
主要应用

- 器件和模块光学特性测试：
 - 可调谐滤波器，插入器，FBG，耦合器，分光器，隔离器，开关
 - WSS 及波长阻断器
 - DWDM 器件
- 硅光子材料表征，包括微腔环形谐振器
- 光谱
- 干涉测量

配置



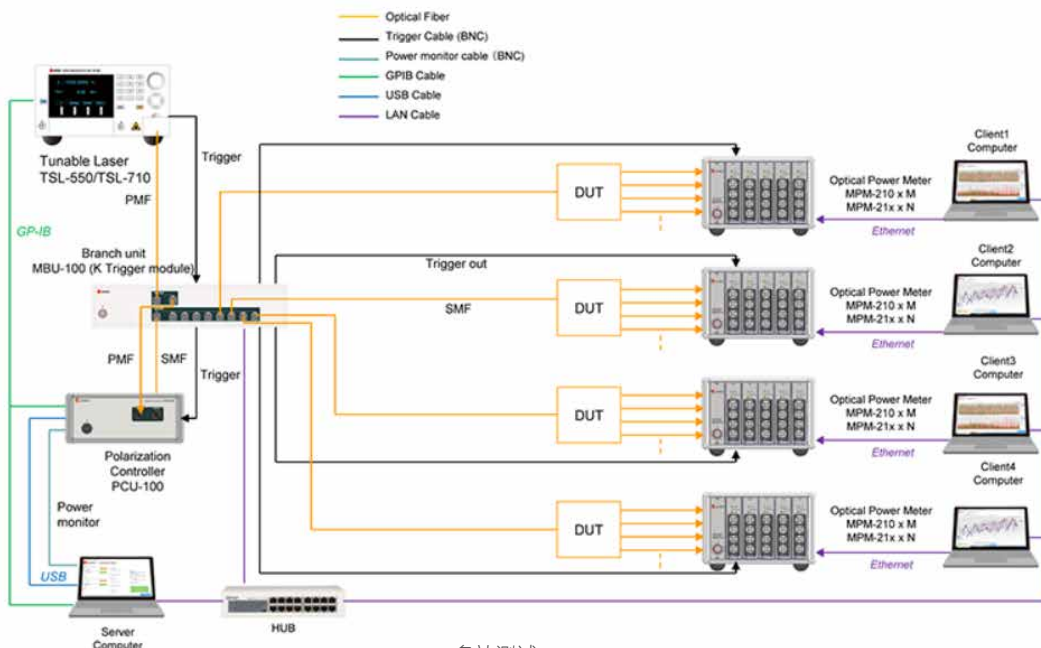
Wavelength Dependent Loss Measurement (MPM-210) PDL 测试



Wavelength Dependent Loss Measurement (with any power meter) WDL 测试

多站测试

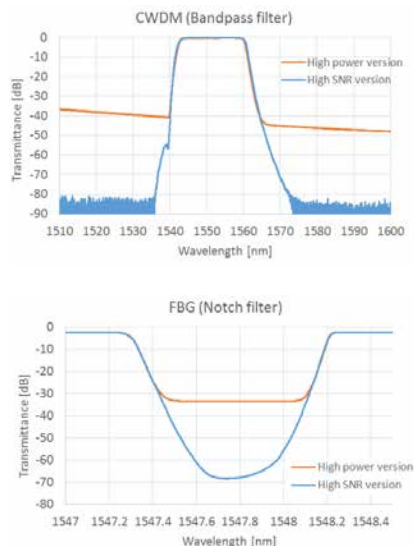
多站测试中，TSL、PCU 与 MCU 构成一个服务中心，分发触发信号及光束到不同的测试站。每个测试站包括功率计和客户端 PC。在运行过程中，TSL 持续的扫频，使得每个测试站可以独立而并行地工作。多站测试架构极大提升了高精度测量与分析的效率。



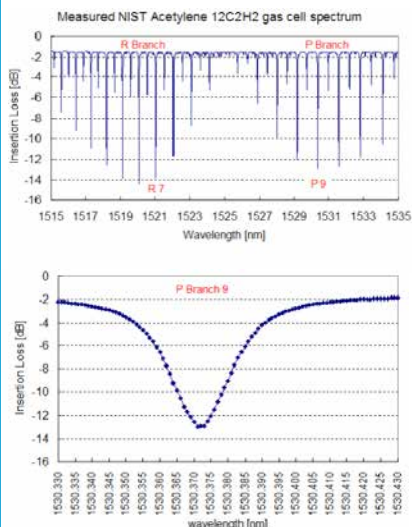
多站测试

测试示例

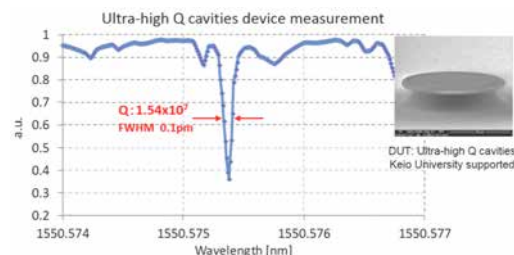
- 80dB 动态范围 WDL 测量



- 波长准确度达到 $\pm 3\text{pm}$ (标准气体吸收池测量)



- 波长分辨率达到 0.1pm (超高 Q 微腔测量)



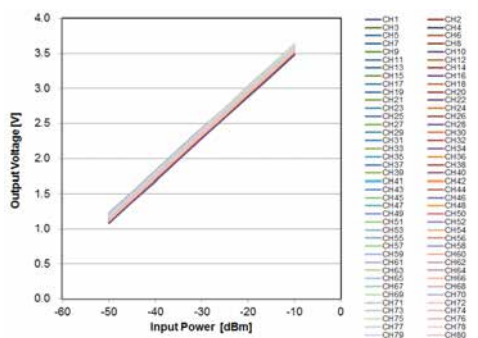
3.3.8. 多通道光电探头阵列



MPA-100 为一台高度集成、机架安装的带尾纤光电二极管阵列。为光功率测试提供 1/10 传统光功率计的成本和体积。

主要应用

- 数据通讯测试，宽带 / CATV 网络，电信网络；
- 数据中心设备监控；
- 主动光纤光缆连接监控



80 通道产品
MPA-100-10-8-IR-SM-01 的响应一致性

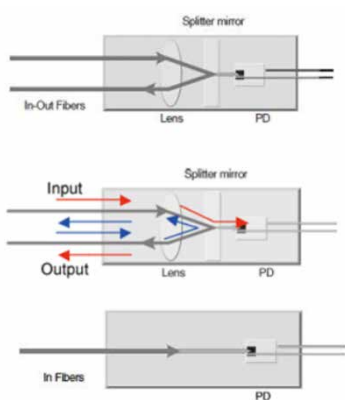
主要参数

类别	参数名称	单位	最小	典型	最大	说明
光学	光学通道数目	个	32		80	每接口通道数 × 接口数
	接口数目		4		10	
	每接口通道		8		12	
	波段范围	nm	840		860	SR: 硅光电管
		nm	1260		1610	IR: InGaAs 光电管
	输入光功率范围	dBm	-50		-10	每通道
	绝对最大输入光功率	dBm			+10	
	光学噪声极限	dBm			-55	典型: -60dBm
	光纤			MMF, SMF		
	光学适配器			MPO		
电学	光学连接			MPO, MTP		
	DAQ	bit		16		NI USB 6255 OEM
	采样率	Sa./s		9,375		
	PD 响应带宽	kHz	10			典型: 100kHz
	线性度	dBm	-0.6		0.6	典型: $\pm 0.1\text{dB}$
	波长校准数据			SR, NO; IR, YES		
	功耗	W		20	30	DC12V

4. 光通讯器件

Santec 公司具备通讯及传感领域的多方面核心技术: 可调谐 ECDL、可调谐 VCSEL、LCOS、MEMS、OCT、镀膜、光学设计、结构与机械分析、固件与线路板设计、系统及软件设计。基于全面的微电子、微机械、电子学、光学、镀膜等技术, Santec 提供器件和子模块级别的功率监控器、可变衰减器、光学滤波器、滤波芯片、光子学模块等, 用于光通讯领域 OEM。

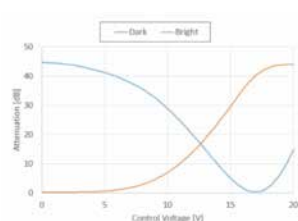
1) 功率监控器



- 终端 Tap 光电管
- 迷你 Tap 光电管
- 集成多路 Tap 光电管
- 单向 Tap 光电管
- 集成、带 PMF 的 Tap 光电管
- 带尾纤的 Tap 光电管
- 迷你尾纤 Tap 光电管
- 数字化输出多通道 Tap 光电管

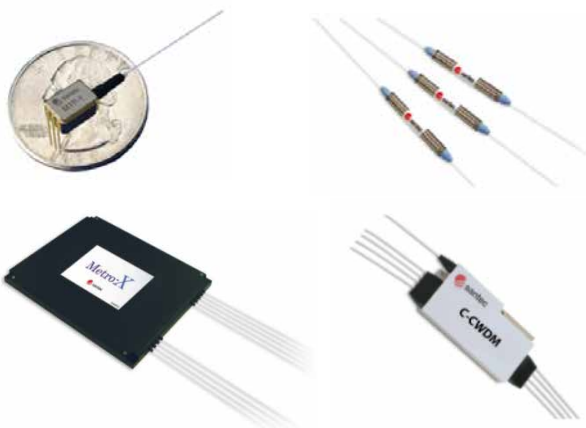


2) 可变衰减器

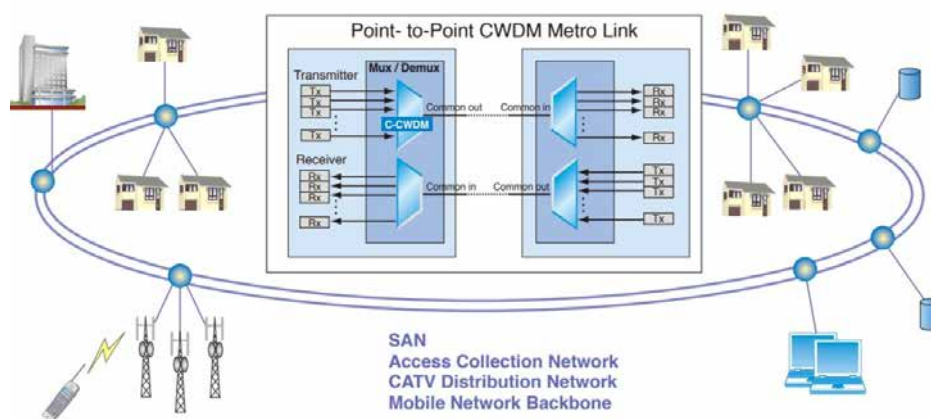
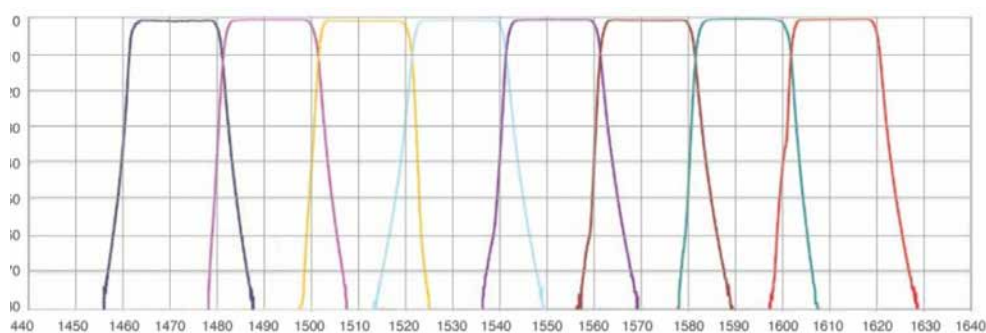


- 基于 MEMS 技术, 电压驱动的可调衰减器
- 迷你系列 COVA-1
- MEMS 系列 MOVA-1
- 低压驱动 / 高速系列 MOVA-H
- PMF 系列

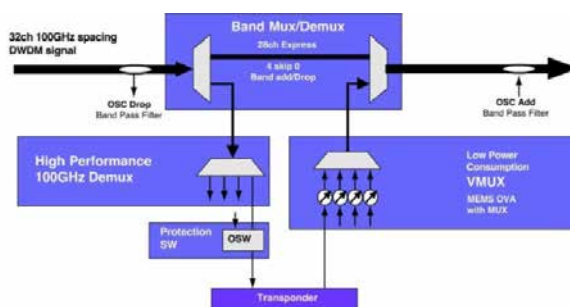
3) 光学滤波器及多通道 MUX/ DeMUX 滤波模组



- 基于 MEMS 的可调谐滤波器 MTF-1
- 2 口在线滤波器 OFM-15
- 3 口 Add/ Drop 滤波模块
- 多通道 MUX/ DeMUX 模块
- 3 口 Add/ Drop CWDM 模块
- CWDM MUX/ DeMUX 模块
- 紧凑型 CWDM MUX/ DeMUX 模块

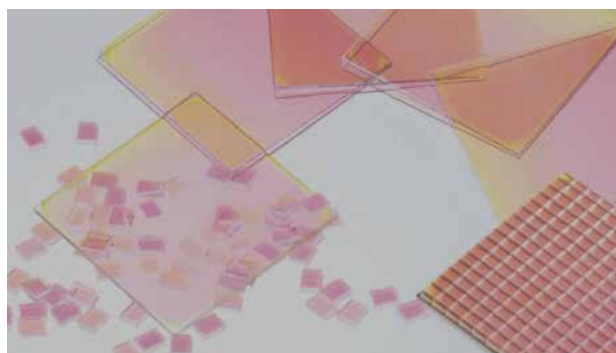


4) 光子子模组



5) 滤波芯片

Santec 提供芯片级 PON 滤光片、CWDM 滤光片、增透芯片、订制滤光片等。



5. OCT 与传感

扫频式 OCT 是当前 OCT 技术发展的主流方向之一。随着快速扫频光源在波长范围、功率、扫频速率、相干性等方面的不断丰富和发展，扫频 OCT 展现了强大的应用前景：

- 组织和器官三维成像：眼科（角膜、虹膜、视网膜）、皮下成像、口腔与牙科、内窥 OCT、脑外科
- 软封装、透明材料、多层结构、混合物、半导体材料三维透视成像
- 3D 表面成像、深度 / 孔形貌探测
- FMCW 雷达

扫频式 OCT 由快速扫频光源、物方光学系统、干涉模块、光电探测器及数据采集处理等部分组成。本节介绍多种光源满足不同方向 OCT 的需求，同时也介绍其他功能模块，及用于特定目的的工业 / 医疗 OCT 系统。

除 OCT 外，扫频光源也可用于其他传感中，如气体探测激光雷达等。

5.1. OCT 快速扫频光源

基于 Santec 领先的 VCSEL、ECDL、MEMS 技术，提供 1060nm、1310nm 共四种类型的快速扫频光源，满足不同领域 OCT 设备的需要。

型号	中心波长	特点	技术
HSL-1	1060nm	可变扫描频率和范围 / 长相干长度	可调谐 VCSEL
HSL-10	1060nm	高扫频速率	MEMS ECDL
HSL-20	1310nm	高扫频速率 / 宽扫频范围	MEMS ECDL
HSL-2100	1310nm	线性扫频 / 宽扫频范围	Polygon ECDL

1) HSL-1: 1060nm, 灵活扫描频率 / 扫描范围



HSL-1 台式 (左) OEM 式 (右)

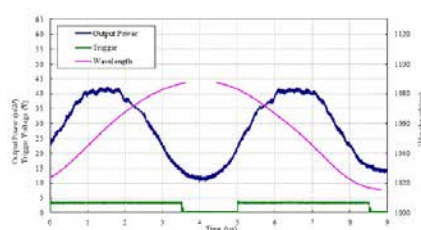
HSL-1 基于点泵浦 VCSEL，运行在 1060nm，超长相干长度、低噪声、扫频速率可达 400kHz。

特点

- 高扫频速率
- 单纵模，长相干长度，避免相干复现
- 无模式竞争噪声
- 软件可定义的四种扫描速度与范围
- 集成 K- 触发

应用

- 眼科 OCT
- 高含水样品 OCT
- FMCW LIDAR
- 光谱 / 干涉 / 光学遥感
- OFDR
- FBG 审验



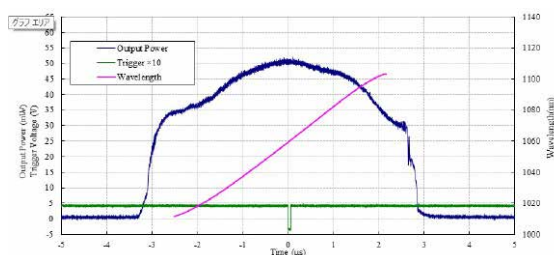
主要参数

项目	指标	说明
中心波长	1060nm	
扫描速度：扫描范围	10kHz : 40nm	
	50kHz : 70nm	
	100kHz : 70nm	
	200kHz : 70nm	
	400kHz : 70nm	双向扫描
相干长度	>100m	单纵模输出
输出功率 (峰值处)	≥ 60mW	

2) HSL-10: 高扫描速率

HSL-10 式一台集成式的 MEMS 快扫描激光器，提供 100kHz 扫频速率和上佳的稳定性与可靠性。

- Santec 自有的 MEMS 技术



特点

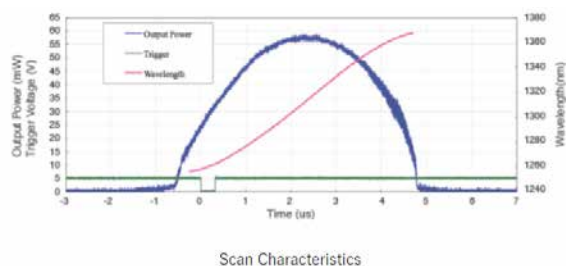
- 快扫描范围，长相干长度
- 集成 K-trigger
- 单向扫频
- 支持 OEM 及订制
- 应用
- 视网膜成像

主要性能

- 中心波长: 1060nm
- 最高输出功率: $\geq 40\text{mW}$
- 扫频速率: 100kHz
- 扫频范围: $\geq 90\text{nm}$
- 相干长度: $\geq 10\text{mm}$

3) HSL-20: 高速率 / 长距离成像

HSL-20 为 1310nm 波段的 MEMS 快扫频光源，具备长相干长度和宽扫频范围。



特点

- Santec 自有的 MEMS 技术
- 快扫描范围，长相干长度
- 集成 K-trigger
- 单向扫频
- 支持 OEM 及订制

主要性能

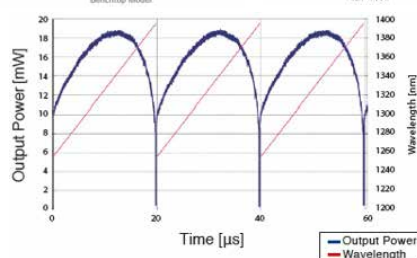
- 中心波长: 1280 ~ 1340nm
- 最高输出功率: $\geq 40\text{mW}$
- 扫频速率: 50kHz / 100kHz
- 扫频范围: $\geq 105\text{nm}$
- 占空比: $\geq 45\%$
- 相干长度: $\geq 16\text{mm} / \geq 20\text{mm}$

应用

- 口腔及牙科成像
- 眼科前庭成像
- 心血管成像 / 内窥 OCT
- 激光焊接监控
- 工业产品在线无损检测
- 光谱与光学遥感

4) HSL-2100: 高精度

HSL-2100 采用多边形扫描头扫描激光波长，提供独特的高可重复性线性扫描。高品质的 OCT 图像可不依赖于 K-时钟取样，显著地降低了系统的复杂程度和造价。宽扫频范围使得轴向分辨率极大提升。OEM 版本的 HSL-2100 已经广泛地在 FDA 认证的医疗系统中得到验证。



特点

- 扫描范围高达 170nm
- 扫描速度 3kHz ~ 50kHz
- 高度线性扫描，高可重复性
- 与标准数据采集卡兼容

主要性能

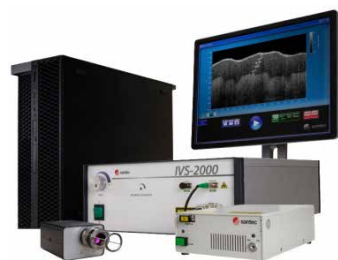
- 名义中心波长: 1310nm
- 最高输出功率: $\geq 20\text{mW}$
- 扫频速率: 20kHz
- 扫频范围: $\geq 170\text{nm}$
- 占空比: $\geq 45\%$
- 相干长度: $\geq 6\text{mm}$

应用

- 高分辨率成像
- 晶圆厚度测量 / 形貌测量
- 低成本成像系统

5.2. 扫频 OCT 系统

IVS 系列组合式的扫频 OCT 系统提供完整功能，同时可以灵活地调整配置，可用于医学、工业等领域宽范围的应用。可选择根据应用调整各组件的配置，以优化成像速度，分辨率，成像范围及深度。系统提供图形界面的软件，可进行扫描控制、3D 图形显示、切面显示等。可选 API 用于集成至其他设备或进行自动化图形处理。支持软件、硬件订制。



- 非接触、非破坏、非侵入三维成像
- 1-D, 2-D, 3-D 测量能力
- 可选择光源及探测系统以优化成像条件
- 可达 400kHz A 轴扫描速率
- GUI 支持图形，强度，时间及原始数据输出
- 3-D 查看器以及图像分析软件（选件）
- 支持 C++, C#, Labview 的 SDK（选件）

型号列表

型号	工作波长	特性	光源
IVS-1000-VCSEL	1060nm	超长成像距离	可调谐 VCSEL
IVS-2000-HR	1310nm	高分辨率	HSL-2100
IVS-2000-HS	1310nm	高速度	HSL-20
IVS-2000-LC	1310nm	长成像距离	HSL-20
IVS-2000-ST	1310nm	简单而标准	HSL-2100

1) IVS-1000-VCSEL: 长成像距离 / 1060nm



Whole Eye

IVS-1000-VCSEL 采用 Santec 可调谐 VCSEL 光源。1060nm 工作波长特别适合高含水体系成像，因此被广泛用在眼科 OCT 中。VCSEL 光源具有超长的相干长度，适用于多种需要大深度成像的应用。这套系统的采集速度可以通过软件设置，提供成像范围与分辨率之间的灵活优化调节。

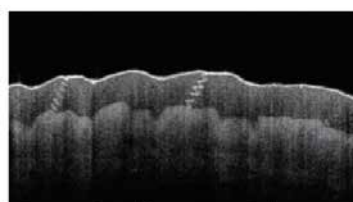
应用:

- 高含水样品成像
- 眼科 OCT

主要性能:

- 中心波长: 1060nm
- A 轴扫描速率: 10 ~ 400kHz (可选择)
- 轴向分辨率: <16μm (大气中)

2) IVS-2000-HR: 高分辨率 / 1310nm



Finger (Showing sweat duct)

IVS-2000-HR 为高轴向分辨率成像应用设计。可选择探测端组件以优化扫描范围和横向分辨率，以为不同应用提供最佳的细节分辨。系统非常适合于皮肤科及医疗美容中的皮肤成像研究。

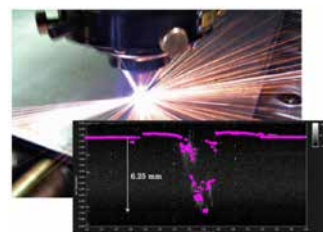
应用:

- 高分辨率医美皮肤成像
- 高分辨率、高精度工业成像
- 活体肿瘤成像

主要性能:

- 中心波长: 310nm
- A 轴扫描速率: 20kHz (可选择)
- 轴向分辨率: <9μm (大气中)

3) IVS-2000-HS: 高速度 / 1310nm



Laser Weld Monitoring (Key hole welding)

IVS-2000-HS 采用 1310nm 工作波长，为快速成像优化。结合 1310nm 激光低散射的特征，IVS-2000-HS 为高散射材料提供高对比度、更大深度的成像。这套系统特别适合在线检测与监控。

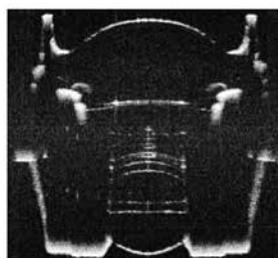
应用:

- 工业 / 在线监测
- 激光焊接匙孔监控
- 心血管成像 / 内窥成像

主要性能:

- 中心波长: 310nm
- A 轴扫描速率: 100kHz (可选择)
- 轴向分辨率: <18μm (大气中)

4) IVS-2000-LC: 长距离 / 1310nm



Multiple Lenses

IVS-2000-LC 采用 1310nm MEMS 驱动的长相干长度扫频激光器，扫频速率为 50kHz。系统成像距离可达到 18mm(空气中)。快速数据采集、扩展深度成像的能力使其非常适合工业成像应用，例如 3-D 表面的精密测量。

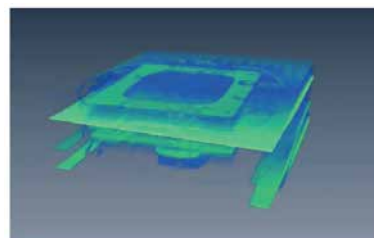
应用:

- 眼球前庭成像
- 工业成像
- 3-D 轮廓

主要性能:

- 中心波长: 310nm
- A 轴扫描速率: 50kHz
- 轴向分辨率: <18μm (大气中)

5) IVS-2000-ST: 标准型



Semiconductor Device

IVS-2000-ST 提供通用成像应用各方面平衡的性能。特别适合实验室研究使用，及整合至产线使用。IVS-2000-ST 为这类应用提供高精度，高稳定和低造价的解决方案。

应用:

- OCT 成像系统研发
- 工业 OCT 集成

主要性能:

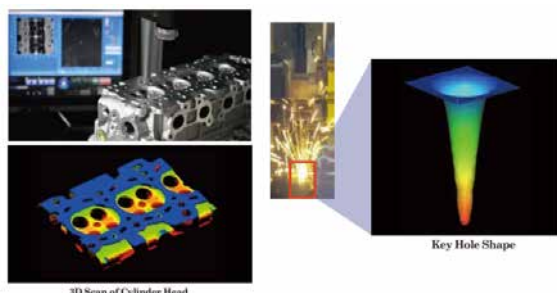
- 中心波长: 1310nm
- A 轴扫描速率: 20kHz
- 轴向分辨率: <18μm (大气中)

5.3. 3-D 形貌仪



特点

- 高灵敏度：最小检测灵敏度 100dB，动态范围 >70dB
- 单光束：单光束测量方式避免形状与结构之间的干涉
- 高速度：最高可达 400,000 点 / 秒 测量速度
- 长探测距离：可探测达 1m 的距离
- 环境光免疫：相干测量，不受环境光（日光、照明、测量体系自发光）影响



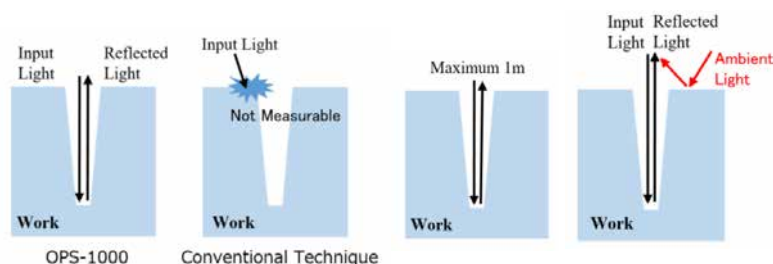
气缸盖成像（左）与激光焊接匙孔监控（右）

OPS-1000 系列扫描式相干成像的 3-D 形貌仪整合了快扫描可调谐激光技术、干涉计量技术，提供单光束、高灵敏度、非接触的光学方法形貌测量。OPS-1000 可为各种类型形状、材质、颜色及表面形状的物体提供高速、高精度、无接触的形貌测量功能。

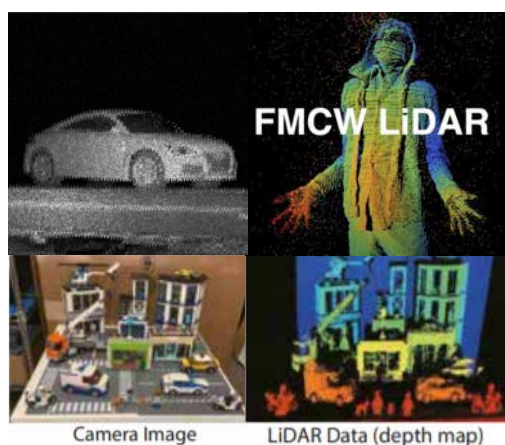
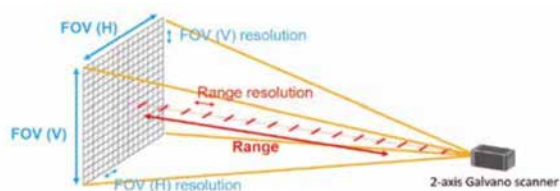
主要指标

		OPS-1000-100	OPS-1000-50	OPS-1000-6
分辨率 μm	XY	200	80	10
	Z	10	1	
重复精度 μm	XY	± 25	± 10	± 1
	Z	± 10	± 1	
测量范围 mm	Z	1000	32	
	XY	720	180	15
工作距离 mm		1040	520	35
测量速度 (点 / 秒)		400,000	200,000	200,000

- 材料表面 3-D 测试
- 缺陷 3-D 测试
- 全自动形貌绘制
- 实时过程监控



5.4. FMCW LiDAR



InnerVision FMCW LiDAR 采用高速扫频、单纵模 1060nm 光源 HSL-1。借助光源单纵模、超长相干距离的特性，可实现长距离 3-D 形貌绘制。

特性

- 相干外差式测量（FMCW 方式）
- 长距离、高灵敏度、低功率
- 阳光 / 环境光 / 其他雷达光免疫
- 双模式：LiDAR 方式生成点云，或 OCT 方式生成密度分布

性能指标

	InnerVision		
中心波长	1060 $\pm$ 15nm		
探测范围	>1m	>5m	>200m
分辨率	<0.06mm	<0.3mm	<12mm
视场角	20° × 20° 可变		
扫描线数	>1,000 × 1,000 可变		
角分辨率	视场 / 线数		
帧率	扫描频率 / (垂直线数 × 水平线数)		
数据输出格式	3D 点云 / 密度图 (OCT 模式)		

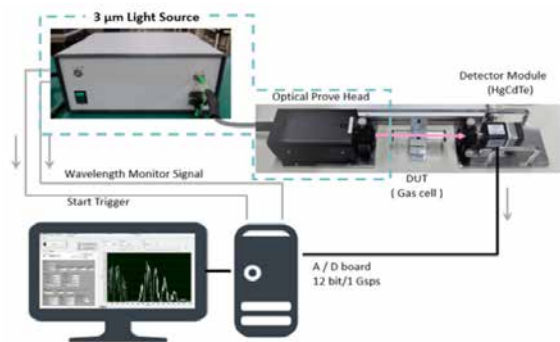
5.5. 中红外扫频光源

Santec 中红外扫频光源提供 3200nm ~3400nm 高速扫频功能，非常适合 TDLAS 气体检测传感。



应用

- 3200 – 3400nm
- 高分辨率 <0.1pm，窄线宽：转动光谱分辨
- 同时测量多种气体
- 高速扫描，动态测量（例如：燃烧）
- 少机械结构，鲁棒的紧凑设计，激光头独立
- 直接气体测量

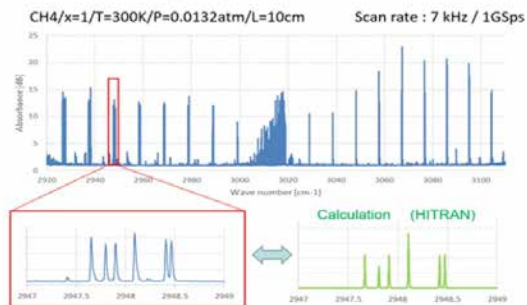


中红外 TDLAS 实验装置

应用

- 石化厂过程控制
- 燃煤电厂烟气监控
- 半导体产线气体监控
- 天然气甲烷分析
- 下一代内燃机研发
- 中红外 OCT

Measurement Results of Typical Hydrocarbons



技术指标

名称	参数	说明
扫频速率	5 ~ 100 kHz	可调节
扫描速度	2 ~ 40nm/μs	可调节
光功率	10μW	最小
中心波长	3.3±1μm	3030±100cm ⁻¹
调谐范围	200nm	185cm ⁻¹
波长分辨率（线宽）	<0.05pm	<0.00005cm ⁻¹
占空比	45%	
光束口径	2.5mm typ.	

烃类典型分析结果

5.6. OCT 部件

除 OCT 光源及系统外，Santec 提供 OCT 所用探测器、数据采集、核心光路、采集及分析软件等部件，方便用户搭建 OCT 系统。

1) 平衡探测器

平衡探测器输出一个与两路光信号之间的差值有关的信号，是扫频 OCT 的常规探测器，可避免激光器功率起伏导致的共模噪声。Santec BPD-200 为 OCT 专门设计，具备很低的背反射和平坦的平衡响应，可减轻不期望的伪图像。BPD-200 在检测两路相位相反的信号时灵敏度为 3dB，可在大多数场合用在外差测量系统。



- 宽动态范围 (DC-80/200/400MHz)
- 平坦的平衡水平
- 高可靠性，高增益，高线性
- 为伪像抑制专门设计
- 扫频 OCT
- 外差测量
- OFDR (光频域反射仪)
- 波长范围：950nm ~ 1600nm
- 频响：80MHz，200MHz 或 400MHz
- 最高输入功率：20mW (10mW/ 400MHz 型号)

2) 灵活性 SS-OCT 数据采集器

HAD-5200B-S 提供高速 DAQ，与 Santec 高性能扫频光源兼容。专利的重定标技术写入 FPGA，用于实时 OCT 图形处理。



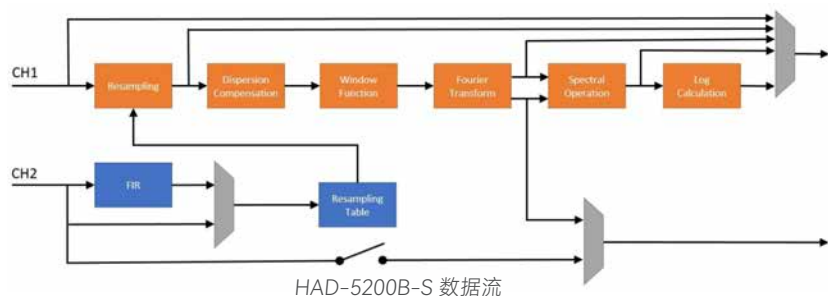
- 高速 ADC (12bit, 1GS/s)
- 适合 SS-OCT 实时影像处理的订制 FPGA
- 实时采样，FFT，FIR 滤波及色散补偿
- 高可靠性，高线性，高增益
- 2 路模拟输出可用于 X-Y 扫描探针控制

应用

- 扫频 OCT
- 外差测量
- OFDR (光频域反射仪)

性能

- 输入：2 通道单端
- 取样率：1GS/s
- 分辨率：12bit
- 触发：外触发 / 模拟信号触发 / 软件触发
- 模拟输出：±4V，16 位，2 通道
- 系统总线：PCIE 2.0，5.0GT/s × 8



3) OCT 级干涉模组

IFM100 及 IMF200 是 Mach-Zehnder 型干涉仪模组，通常为每个客户的 OCT 系统配置而订制，可将 PS-OCT 包括在内。IFM-100/200 可包含诸如可见指引光、电控光学延迟线之类的功能。Santec 也可 OEM 用户订制解决方案，包括 Michelson 及 Fizeau 干涉仪。



性能

- 集成光学延迟线，可调衰减器及偏振控制选件
- SMF 和 PMF 版本
- Mach-Zehnder 结构 (标准)，可选 Michelson 或 Fizeau

应用

- 扫频 OCT
- 外差测量
- OFDR (光频域反射仪)

4) 主控软件 Inner Vision Software

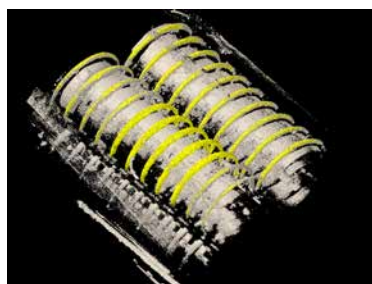
IVS 软件随所有 IVS SS-OCT 系统提供。它包括 1D, 2D, 3D 及成像模式, 可存储为各种图形格式也可存储原始数据。所有 IVS 软件功能亦可通过 Santec 的 SDK, 利用 C++/ C#/ Lab view 编程实现。



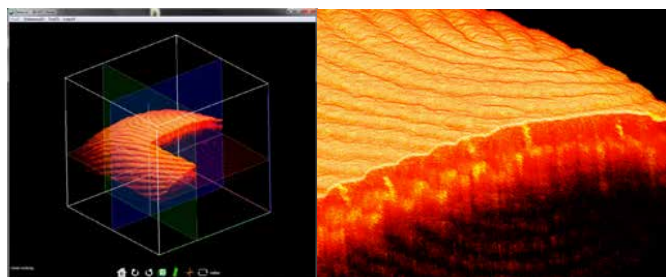
- 3D 图形及切面图形测量和显示
- 时间变化图像记录
- 折射率转换
- 图像及原始数据输出
- 点到点测距
- 峰值定位

5) OCT 图形查看器

OCT 3D Viewr 为以 3D 模式查看 OCT 图像而专门设计。导入 OCT 数据即可生成清晰而出众的图像。支持旋转, 修剪, 对比度调节等多种操作和设定, 以实现图像优化。图形可做成动画并保存, 生成令人惊叹的报告, 展现 3D 图形各方面特性在设置改变时的变化。

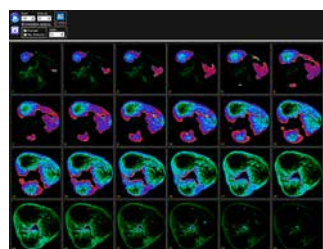


- 缩放
- 拖拽移动
- 帧叠加
- 修剪, 旋转
- 任意视角切面找平
- 分割 (分离感兴趣的部分)
- 对比度设置, 透明度及透视渲染
- 色彩柱状图显示
- 输出位图或视频
- 直接装载 IVS 软件数据



6) 3D OCT 分析软件

Multi Slice Viewer 提供 OCT 3D 数据 (IVS 系列原始数据) 的进一步分析功能。对所有 X-Y-Z 平面数据的同步分析可提供对图像数据的更好理解。这一强大的工具可协助从数据集中提取细节信息, 以及对 3D 内容的定量分析。



- 三平面 2-D 切片图实时展现
- 任意随机点 2-D 切片图形
- 任意 2D 数据点平均
- 任意 2D 数据峰位定位
- 折射率标度图形展示
- BMP, JPG, PNG 输出
- 任意两个数据点之间测距
- 三平面同时展示

5.7. 临床眼科诊断仪

ARGOS 是一台经过 FDA 认证的眼科诊断仪，由 Santec 旗下的 MoVU 公司提供。ARGOS 整合基于 SS-OCT 的生物计量（Biometry）与采用红外成像的角膜曲度计（Video Keratometry），在 1 秒钟内得出全面的眼科生物计量结果，即使最厚的白内障病患情况下也能够清晰诊疗。



- FDA approved
- 1 μ m SS-OCT + Video Keratometry
- 仅需一秒获得全面眼科生物计量信息：
 - Axial length 眼轴
 - Corneal diameter 角膜直径
 - Corneal thickness 角膜厚度
 - K-value (Flat)
 - Anterior chamber depth 前房深度
 - K-value (Steep)
 - Lens thickness 透镜厚度
 - Toric angle 隆突角
 - Pupil size 瞳孔尺寸

主要参数

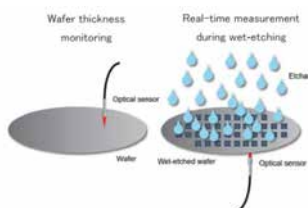
功能	测量方法	技术	速度
Biometry	干涉计量 / 透视	SS-OCT, 横扫描	0.6s/ 套数据
Keratometry 角膜曲度计	环形 LED 照明	红外 LED	3 秒（输出）

诊断过程



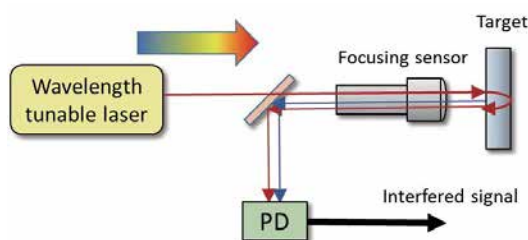
5.8. 硅晶圆检测仪

SIT-200 硅晶圆检测仪是 Alnair Labs 公司采用高速扫频激光器，利用干涉计量的方法设计制造的用于硅晶圆厚度检测的干涉仪。与常规测厚采用宽带光源不同，可调谐激光器具备很高的功率谱密度，从而提高了测量的动态范围，因此，SIT-200 支持非抛光的晶圆测量，例如在湿刻过程中以及湿刻之后的晶圆。



- 全光学，非接触式晶圆厚度传感
- 高动态范围，可测量不规则表面
- 支持湿制程中实时测量
- 高灵敏度、高准确度、高速度
- 远程控制

测量原理



技术指标

可测样品	硅晶圆	
可测厚度范围	10 - 500 (n=3.5)	μ m
精密可调谐激光	1515 - 1585	nm
光功率	0.6	mW
指引光	红色, Class 1M	
测量时间	最短 20	ms
可重复性	<0.1 (3- σ)	μ m
监控输出	干涉信号输出	
PC 界面	Ethernet	

精密扫频激光光源以高速度调谐激光波长。样品前、后表面反射的激光的干涉信号经过 PD 探测后，根据波长 - 干涉信号强度的关系即可得到晶圆厚度。

设备与元器件

1. 太赫兹设备与器件 ---169

- 1.1. 太赫兹光谱仪 ---170
- 1.2. 太赫兹源与成像设备 ---173
- 1.3. 太赫兹探测器与元器件 ---178

2. 激光元器件 ---181

- 2.1. CVI 激光元件 ---181
- 2.2. Altechna 光学元器件 ---189
- 2.3. 激光晶体 ---193
- 2.4. 高性能激光加工元器件 ---195
- 2.5. Semrock 滤光片 ---198
- 2.6. Andover 滤光片 ---205
- 2.7. VUV/UV 光学元器件 ---208
- 2.8. 杂散光吸收膜与镀层 ---209
- 2.9. 衍射光学元件 ---211
- 2.10. 液晶空间光调制器 ---214

3. 仪器设备 ---219

- 3.1. 飞秒激光微加工 ---219
- 3.2. 超快激光瞬态光谱测试系统 ---223

1. 太赫兹设备与器件

太赫兹（THz）是指介于远红外与常规无线电波之间的电磁辐射，大约在 $10^{11} \sim 10^{13}$ Hz（100GHz ~ 10THz，波长 $30\mu\text{m} \sim 3000\mu\text{m}$ ，波数 $3 \sim 300\text{cm}^{-1}$ ）范围内。THz 辐射具备独特的特征：

- 兼具光学波段与射频波段电磁波的特征；
- 所设及技术、源、器件部分与射频电子学相关，部分与光学类似；
- 宇宙辐射的重要组成部分；
- THz 谱段内有大量物质特别是大分子物质的特征吸收谱线；
- 针对水、金属、无机物、有机物有良好的吸收衬度；
- 人体无害；
- THz 电场变化的时间尺度在 ps 量级，与很多材料内部动力学过程时间尺度匹配。
- 这些特点决定了 THz 辐射具备广阔的应用前景：
- 材料表征与识别；
- 材料动力学过程研究；
- 天文学；
- 工业无损检测；
- 安检；
- THz 通讯与雷达
-

本节主要介绍 THz 相关的仪器设备，包括 THz 光谱系统、源、光学元件、探测器与成像器件等

1.1. 太赫兹光谱仪

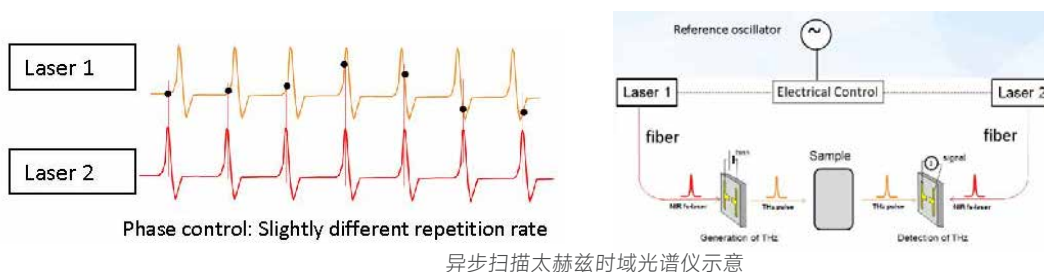
THz 光谱仪为测量样品在 THz 波段的吸收 / 反射 / 透射等光谱的仪器。目前最常用的技术是太赫兹时域光谱仪，采用超快激光经由太赫兹天线、光整流器等产生的瞬态电场脉冲作为宽谱太赫兹源，再利用反向效应的探测器探测。

1.1.1. ADVANTEST 太赫兹时域光谱仪简介

TAS 系列太赫兹时域光谱仪是 ADVANTEST 近年新设的光学检测部门推出的系统。作为著名的半导体设备制造商，ADVANTEST 致力于提供工业级、实用化、高稳定性的检测系统：

1) 异步扫描延时方式：高稳定、高分辨与高速度

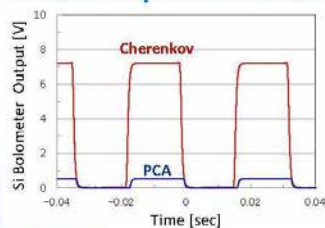
与常规的采用光学延迟线的太赫兹时域光谱系统不同，TAS 系列采用双飞秒激光异步扫描的方式。脉冲位相锁定的两台高稳定度光纤飞秒激光器以略微不同的重复频率出光，每一个脉冲对之间叠加一个精确的延时，其中一个脉冲用于激发太赫兹辐射而其后的脉冲用于探测太赫兹电场强度。无机机械结构的延时确保了系统稳定性；精细、准确的延时确保了时间取样精细度从而实现高分辨率光谱分析；光学延时的方法无需等待导轨动作，实现高速度采样，在扫描成像应用方面具备显著优势。



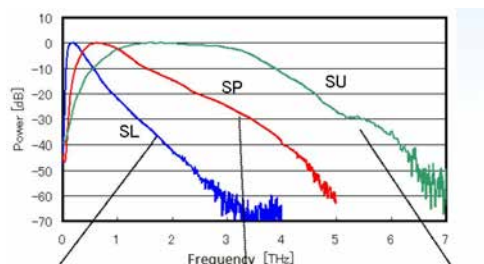
2) 光谱范围与动态范围

直接由飞秒激光器驱动的切伦霍夫辐射具备宽光谱、高动态范围的特征，提升辐射功率近 20 倍。

THz wave output characteristic



根据应用场景，ADVANTEST 采用光导天线、铌酸锂晶体等发射器，均可达到 70dB 动态范围。



太赫兹发射器	SL 型光导天线	SP 型光导天线	SU 型铌酸锂发射器
标称频谱区 S/N =1	0.03-3THz	0.1-5THz	0.5-7THz
实用频谱区 >-40dB	0.03-2THz	0.1-4THz	0.5-6THz
最优频谱区 >-20dB	0.03-1THz	0.1-2.5THz	0.5-4.5THz
峰值动态范围	>70dB	>70dB	>70dB

3) 全光纤耦合，便利使用

THz 发射源和探测器独立，与主机之间采用全光纤连接，可以任意布局。

仪器定期自行校准，可维持月度时间尺度的一致性，适应非常缓慢的过程（例如结晶）检测。

主要应用：

- 各类材料太赫兹吸收谱，反射谱测试
- 生物，药品，食品，农业，林业基础科研
- 太赫兹新材料，新晶体的表征与研发
- 无损探伤，无损检测的基础研究
- 太赫兹通讯，太赫兹电子学的基础研究
- 化学反应，晶体结晶过程的监控
- 危险品，毒品特征吸收谱库建立及透过包装物检测
- 非接触无损厚度测试，缺陷检测
- 高速示波器或高频电子器件的频宽校准
- 低温，强磁场，高压等极限环境下的样品太赫兹频谱检测



1.1.2. 开放式太赫兹时域光谱仪

TAS-TS 系列开放式太赫兹时域光谱仪是一台通用仪器，提供开放的太赫兹发射头和接收头，而用户可灵活配置发射 - 探测的几何构型、样品室、样品架、扫描机构等。TAS-TS 适合用户从零开始建设太赫兹实验室，或希望覆盖尽可能多的太赫兹光谱应用，例如：太赫兹光谱、扫描成像；联用低温、强磁场、高压等装置；自主开发无损检测、安检、刑侦、化学、生医应用系统等。



配置与参数：

主机选择

主机型号	TAS7500TS			TAS7400TS	
侧重方向	侧重太赫兹时域光谱成像及高动态范围			侧重精细光谱兼顾成像	
分辨率	3.6GHz	7.6GHz	61GHz	1.9GHz	7.6GHz
采谱速度	16ms	8ms	1ms	200ms	
激光器	1550nm, <50fs, 双光纤飞秒激光器, 异步扫描				

系统架构：

- 双光线飞秒激光、异步扫描系统、数据分析系统
- 太赫兹采样系统（最多可适配双发射 + 双接收模组）
- 光纤耦合太赫兹发射 / 接收模组

可选项：

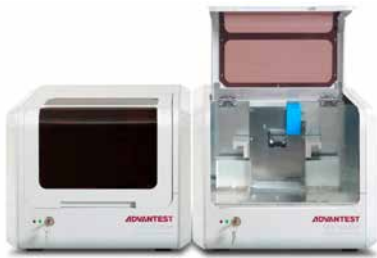
- 光谱成像（可吹扫密闭样品仓、扫描装置）
- 变角度、低温、强磁场等

发射 / 接收头选择

太赫兹发射头型号	TAS1110	TAS1120	TAS1130
覆盖频段	0.1-4THz	0.03-2THz	0.5-7THz
太赫兹接收头型号	TAS1230 全波段接收头		
常见样品	高分子, 多态结晶, 生物材料, 超材料, 食品农作物, 建材	介电材料, 颜料涂料, 塑料, 建材	生物材料, 石墨烯, 功能材料, 树脂, 氧化物, 水性溶液
光纤长度	标准 1.5m 保偏光纤, 最长可至 4m		

1.1.3. 台式太赫兹时域光谱仪

TAS 台式太赫兹时域光谱仪为分析仪器级产品，用户无需了解 THz 时域光谱的细节。如同常规分析仪器一样，开仓、放置样品、测试，即可完成各种化学、生物、高分子、超分子、介电材料、药品、危险品、特种材料等太赫兹光谱分析。



配置与参数：

主机选择：

主机型号	TAS7500	TAS7400
侧重方向	侧重高灵敏度及高动态范围	侧重精细光谱
分辨率	7.6GHz	1.9GHz 7.6GHz
采谱速度	8ms	200ms
激光器	1550nm, <50fs, 双光纤飞秒激光器, 异步扫描	

变温选项（仅适用透射工作模式）：

变温台型号	TAS1020	TAS1030
变温范围 / 分辨率	-10~50 oC/ 0.1 oC	室温 ~300 oC/ 1 oC

特点：

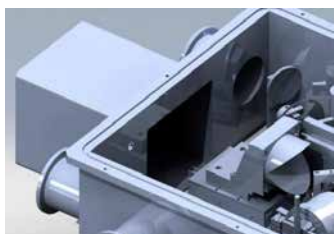
- 一体化设备，与 FTIR 的操作同样简便
- 可达 7THz 的超宽频谱范围
- 无需任何光路调校即可切换透射、反射，ATR，偏振，变温测试模式
- 提供 30 个 / 组不同形状尺寸的太赫兹样品池 / 样品架适应各种样品

测试频谱范围：

发射头型号	-SL	-SP	-SU
覆盖频段	0.1-4THz	0.03-2THz	0.5-7THz
常见样品	高分子, 多态结晶, 生物材料, 超材料, 食品农作物, 建材	介电材料, 颜料涂料, 塑料, 建材	生物材料, 石墨烯, 功能材料, 树脂, 氧化物, 水性溶液
峰值动态范围	>70dB	>70dB	>60dB
工作模式	透射, 反射, ATR (可选), 偏振 (可选)	透射, 反射	透射, 反射, ATR (可选)

1.1.4. 傅里叶变换太赫兹光谱仪

太赫兹光谱学的另一种方法是利用传统的傅里叶变换红外光谱仪的架构，在辐射源，谱仪主体，探测系统上做全面的优化或提升，将原本涵盖近红外 - 远红外的傅里叶变换红外光谱仪整体延展覆盖至红外 - 太赫兹全谱段 ($5\mu\text{m}\sim 5\text{mm}/0.06\sim 60\text{THz}/2\text{cm}^{-1}\sim 2000\text{cm}^{-1}$)。加拿大 Sciencetech-Inc 公司在这个方向处于世界领先地位。



设备特点:

- IR-THz 波段优化可工作谱段 $5\mu\text{m}\sim 5\text{mm}/0.06\sim 60\text{THz}$;
- 标准分辨率 0.12cm^{-1} , 即 $3.5\text{GHz}@1\text{THz}$; 可升级至 0.02cm^{-1} 分辨率;
- 设备基于迈克尔逊干涉仪标准架构完成常规红外 - 太赫兹光谱分析;
- 可工作于 Martin-Puplett 模式, 在圆二色或线二色测试时可获得更高的信噪比。

典型配置:

- SPS-300 base system: 含不锈钢真空光谱仪主体, 内置电动顶镜调节系统, 扫描干涉仪工作于迈克尔逊模式, 75W 超稳定汞灯, 真空阀门组, 电脑及软件
- V-pump-Ultravac: 真空泵组
- SPS-403 样品室 (常压或真空模式)
- 160-REC: 冷却用冰水机
- BO-HEB: 液氮制冷 Hot Electron Bolometer 远红外与太赫兹探测器
- LIA-830: 锁相放大器

常用选项:

- 外置红外辐射源
- 可切换的外置光源入口
- 光谱仪双出口选项
- 加长干涉仪扫描行程: 0.02cm^{-1} 光谱分辨率

主要技术指标:

- 测试光谱范围: $5\sim 2000\text{cm}^{-1}$ (即 $5\mu\text{m}\sim 2\text{mm}; 0.15\sim 60\text{THz}$)
- 标准模式分辨率: 0.12cm^{-1} ; (即 3.6GHz 分辨率)
- 真空环境: 10^{-3} Torr 到 10^{-5} Torr ; 完全排除环境水蒸气对光谱的影响
- 中红外 - 远红外 - 太赫兹频段扫描范围无缝衔接
- 第一探测器出口室温工作 DTGS 探测器用于常规探测, 第二探测器出口液氮制冷高灵敏度宽光谱 Bolometer 探测器, 液氮杜瓦加液氮杜瓦二级制冷既保证 4.2K 液氮温度深度制冷获得最低探测器噪声, 又同时通过前级的液氮杜瓦预制冷保证最低的液氮消耗量; 涵盖 $5\sim 2000$ 波数 (即 $5\sim 2000\mu\text{m}; 0.15\sim 60\text{THz}$)
- 模块化设计, 支持第三方和用户订制光源, 探测器, 采样器



SPS-300 傅里叶变换太赫兹光谱仪安装案例

1.2. 太赫兹源与成像设备

1.2.1. 太赫兹量子级联激光器

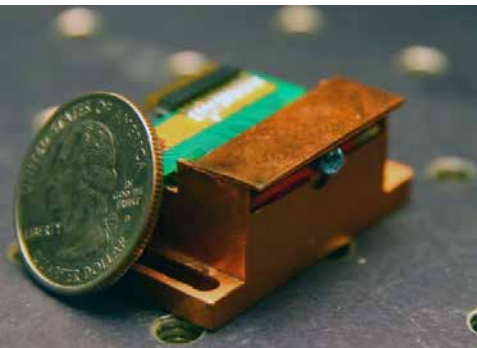
量子级联激光器（Quantum Cascade Laser, QCL）是一种非常重要的产生远红外~太赫兹辐射的半导体光源。美国 LongWave Photonics 公司技术源自麻省理工大学，是将太赫兹量子级联激光器商品化的领导厂商。



QCL 位于斯特林制冷机中



QCL 位于脉冲管制冷机中



QCL 位于脉冲管制冷机中

THz QCL 优势：

可在 1-5THz 的高频太赫兹波段有数毫瓦（即 EasyQCL100 系列）及数十毫瓦的输出即 EasyQCL1000 系列），针对太赫兹高透过率样品，可以获得比太赫兹低频段成像高一个数量级以上的空间分辨率。

相对于大功率气体太赫兹激光器，体积小，能耗低，更适合于构架应用系统

可以做调制，是很好的太赫兹通讯光源

THz QCL-DFB 可实现精密扫频

产品系列：

QCL 量子级联激光器或激光器阵列

小型真空腔体与真空泵

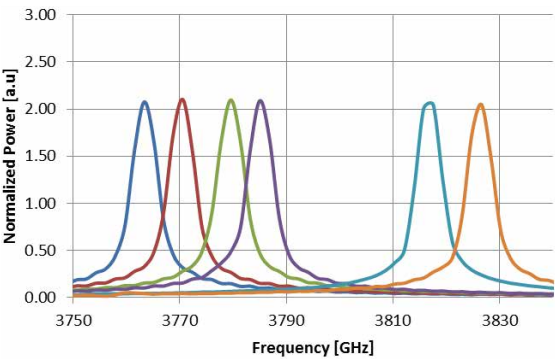
斯特林制冷机或脉冲管制冷机

激光器电源

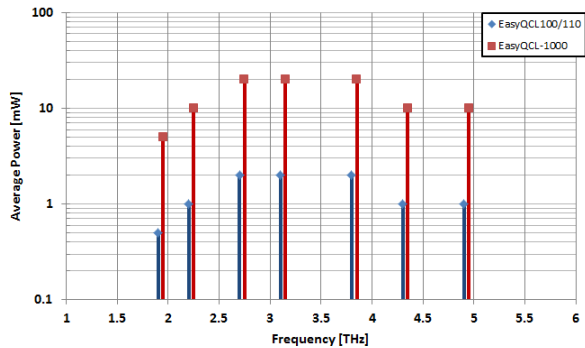
激光器控制软件

输出特性（部分产品）

	4.7 THz	3.9 THz	2.7 THz	1.8 THz
EasyQCL100	1 mW	2 mW	2 mW	0.5 mW
EasyQCL1000	10 mW	20 mW	20 mW	5 mW



可调谐激光器 THzQCL-DFB-3.8THz 输出



EasyQCL 典型输出

1.2.2. 毫米波成像系统

100GHz 量级的电磁波波长在 mm 量级，故称为毫米波，通常也归入太赫兹波段。毫米波用于成像时其分辨率能够达到 mm 量级，不同组分（如金属、水分、有机物）在这个波段等有良好的吸收 / 反射衬度，同时对生物组织完全无害，非常适合在人体安检、箱包检测、产品质检等领域替代 X 射线。

毫米波可以由全固态的肖特基二极管产生。TeraSense 的 IMPATT 技术能够产生 100GHz ~ 300GHz，功率可达 W 量级的毫米波，并可配置不同的波导输出各种光强分布，配合 TeraSense 面阵毫米波相机、快速线扫描毫米波相机，构成毫米波成像系统。

1) IMPATT 毫米波光源

IMPATT 毫米波光源可产生 100G~300GHz，最高功率 1.8W 的辐射。可配置不同的天线。



- IMPATT 技术
- 100G, 140G, 200G, 300GHz
- 保护隔离器提供更高稳定性
- TTL 调制
- 高频调制选项（100MHz, 1.5ns 上升 / 下降时间）
- 可拆卸号角天线
- 紧凑、成本低

输出频率	100GHz 源	140GHz 源	200GHz 源	300GHz 源
输出功率	80/ 180/ 400mW 0.8/ 1.8W	30/ 90/ 180mW 300/ 600mW	40/ 80/ 180mW	290GHz >10mW 280GHz >20/40mW
输出方式	锥形号角天线 法兰输出	锥形号角天线 法兰输出	对号角角天线 法兰输出	对号角角天线 法兰输出
其它特性	隔离器保护 TTL 调制	隔离器保护 TTL 调制	TTL 调制	TTL 调制

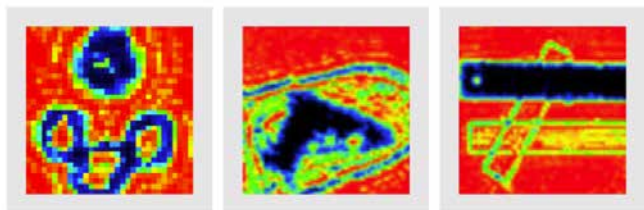
2) 太赫兹面阵相机



- 0.05 ~ 0.7 THz 响应
- 256, 1024, 4096 像素
- 体积小，价格低
- 50Hz 视频模式

型号	TERA-256	TERA-1024	TERA-4096
分辨率	16×16	32×32	64×64
像素间距	1.5mm		
噪声等效功率	1nW/ √ Hz		

TeraSense 面阵成像相机可用于毫米波直接成像。



3) 100GHz 太赫兹扫描成像系统

高速 THz 扫描成像系统是 TeraSense 的拳头产品。集成快速线扫描 THz 相机、THz 光源，用户可非常方便的组建太赫兹无损检测系统。



- 无电离辐射
- 扫描速度：可达 15m/s
- 5,000 线 / 秒采集率
- 易于工业集成

探测器

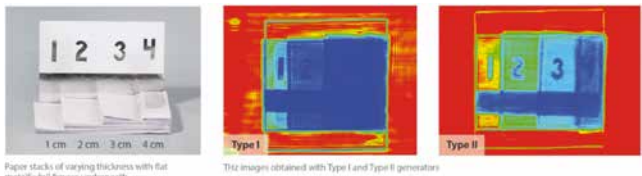
分辨率	256×1	图像采集率	5,000 fps
像素尺寸	1.5mm×3mm		100nW (5,000fps)
视场	384×3mm	灵敏度 (每像素)	45nW (1,000fps)
			14nW (100fps)

光源

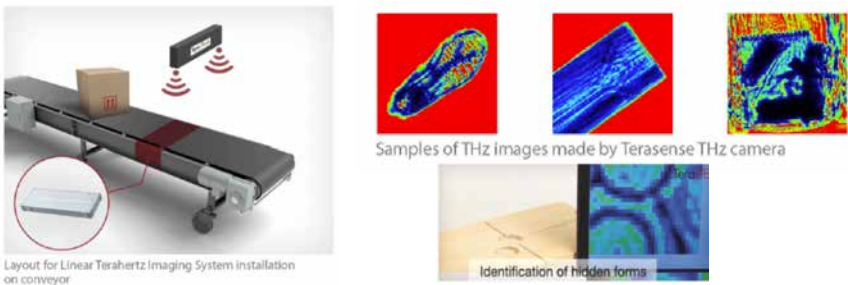
线扫描系统采用带特殊光学系统的光源，分为 Type I 和 Type II 两种。



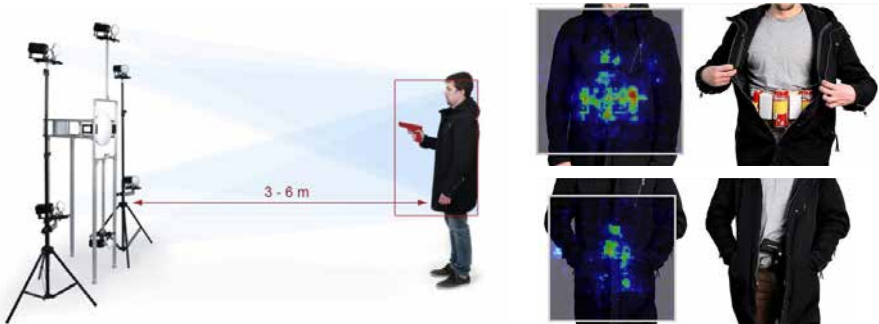
	Type I	Type II
频率	100GHz	100GHz
每像素功率	20μW	140μW
成像系统动态范围	24dB	30dB
光学系统	PTEE 元件	反射元件
技术	IMPATT	Super-Hero IMPATT



Type I / Type II 动态范围示意



左：传送带检测系统示意图；右：部分成像示例



100GHz 反射式人体安检演示机

4) 300GHz 线扫描成像系统

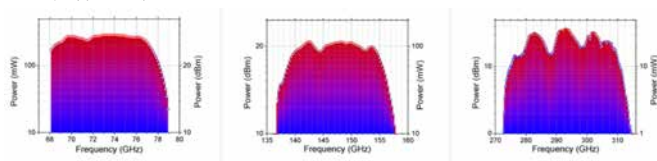


300GHz 太赫兹电磁波具备更短的波长，从而达到更高的分辨率。

工作频率	300GHz	采集速率	5,000 fps
分辨率	256×1 或 512×1	动态范围	200:1
探测视场	128mm×0.5mm 或 256×0.5mm		

5) TeraSense 其它产品

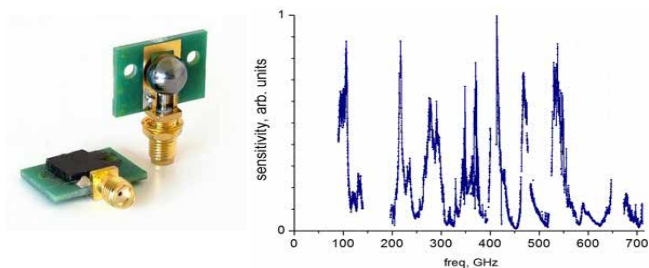
• 可调谐 THz 源



TeraSense 提供三种规格可调谐 THz 源：

70 ~ 77GHz	140 ~ 155GHz	280 ~ 310GHz
最大输出功率 300mW	最大输出功率 100mW	最大输出功率 35mW
线宽 <150Hz	线宽 <300Hz	线宽 <600Hz
支持 TTL 调制；功率稳定性： 0.1% / hr, 1% / day		

• 快速 THz 探测器



型号	Ultrafast-150	Fast-1
响应范围	50-700GHz	
响应度	0.5V/W	0.5V/W
上升时间	150ps	1μs
阻抗	50 Ω	10k Ω

• THz 元件

PTEE、PTFE、TPX 太赫兹元器件：



1.2.3. 太赫兹相机及均匀光源

INO 公司提供高频段太赫兹相机及匹配的镜头，同时提供用于 THz 成像的均匀光源。



Fast Optics
F/0.95

Ultrafast Optics
F/0.7



THz 相机 IRXCAM-THz-384

响应范围	70 ~ 3,189 μ m/ 0.094 ~ 4.25THz
分辨率	384 $\times$ 288
像素尺寸	35 μ m
窗口材料	硅
镀膜	针对所需波长镀膜
帧率	25Hz
信号接口	GigaE Link

大口径 THz 镜头

镜头型号	Fast	Ultrafast
焦距	44mm	
F#	0.95	0.7
成像距离	>90 cm	>60 cm
透镜材料	HRFZ-Si	
镀层	Parylene-C	

均匀 THz 光源

中心频率	515GHz	282GHz
均匀照明面积	114mm $\times$ 150mm	
输出功率	1.25mW	4mW

1.3. 太赫兹探测器与元器件

1.3.1. 太赫兹高莱探测器

高莱探测器（Golay Cell）是一类光声探测器，为现有室温工作条件下最灵敏的太赫兹探测器。高莱探测器可测量脉冲太赫兹辐射，测量连续太赫兹辐射时需加斩波器。



（左）高莱探测器和电源；（右）数据采集器

型号	GC-1P	GC-1T	GC-1D
窗口材料	HDPE 高密度聚乙烯	TPX	金刚石（Diamond）
测试光谱范围	15-8000μm	0.3-6.5μm 13-8000μm	0.4-8000μm
锥形入口直径		11mm	
入口窗口直径		6mm	
推荐探测功率		1×10 ⁻⁵ W（更高的功率需要做衰减）	
推荐调制频率		15±5Hz	
噪声等效功率 @15Hz 典型值		1.4×10 ⁻¹⁰ W/Hz ^{1/2}	
光学响应度 @15Hz 典型值		1×10 ⁵ V/W	
响应时间典型值		30ms	
灵敏度（D*，锥形收集器入口处）典型值		7.0×10 ⁹ cm×Hz ^{1/2} /W	
工作环境压力		760-10 ⁻³ mm Hg	
工作及储存温度范围		5-40℃	
湿度		0-80%	
振动		避免 1-100Hz 的振动	
额定电压		100/115±10% VAC, 220/230±10% VAC	
频率		50-60 Hz	
尺寸，L×W×H		126×45×87 mm	
重量		0.8 kg	

1.3.2. 太赫兹热释电探测器

热释电探测器可探测脉冲太赫兹辐射及斩波的连续太赫兹辐射。其灵敏度较高莱探测器低三个数量级，但造价较低。



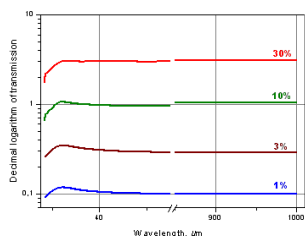
型号	LWP-PD1
探测尺寸	2*2mm
光学响应度	200V/W @ 10Hz
等效噪声功率 NEP	25 x 10 ⁻⁹ W/Hz ^{1/2}
噪声等效功率 @15Hz 典型值	25 x 10 ⁻¹⁰ W/Hz ^{1/2}
响应时间典型值	300ms
供电需求	9V DC
工作及储存温度范围	-25-85℃
信号输出	BNC

LONGWAVE
PHOTONICS

1.3.3. THz 元器件

俄罗斯 Tydex 公司提供各种材料、用途的太赫兹光学元器件：

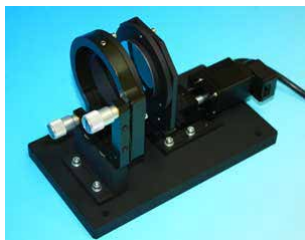
1) 太赫兹衰减片组



工作光谱范围	40-1000μm (0.3-7.5THz)
衰减片轮数量	5
衰减片数量	4
各片对应透射率	1%; 3%; 10%; 30%
口径	25mm or 50mm

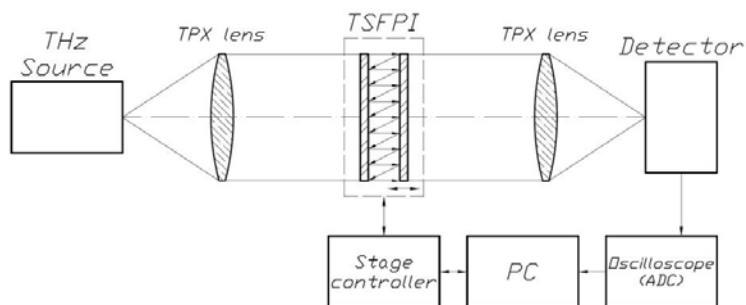
2) 太赫兹法泊干涉仪

法泊干涉仪 (FP 干涉仪) 为干涉式太赫兹滤光器，可通过改变镜片间距来改变透过波长。配合宽带 THz 源、高精度位移台，可构成 THz 光谱仪。



Tydex 厂家的可以提供该方案全套零部件，如透镜、干涉仪、探测器及带通滤光片等，供用户架构太赫兹频谱或波长测试设备。

- 测试范围：0.1-15THz
- 两片反射镜间距：0-9.5mm
- 定位精度：±1.25μm
- 口径：52mm
- 光轴高：110mm
- 高损伤阈值
- 操作简单

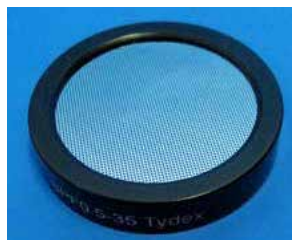


3) 太赫兹低通滤光片



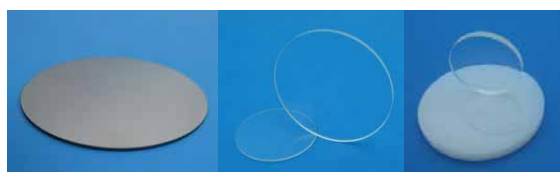
- 截止波长：13, 21, 27.5, 34, 55, 70, 75, 94μm
- 透过部分透过率：≥ 80%
- 截止部分透过率：< 0.1%
- 损伤阈值：7-8W/cm²

4) 太赫兹带通滤光片



- 波长范围：0.1-15THz (0.1, 0.3, 1, 3THz 有库存)
- 透过部分透过率：60%-90%
- 截止部分透过率：< 4%
- 损伤阈值：60-100W/cm²

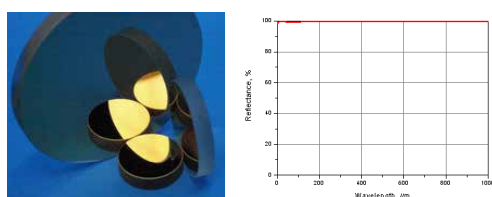
5) 太赫兹窗口



高阻硅窗口 太赫兹级晶体窗口 TPX窗口

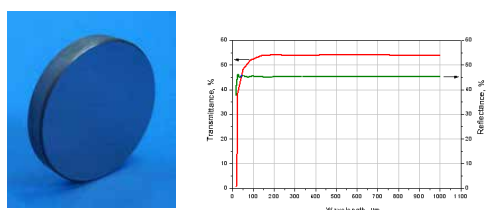
- 尺寸: 25.4-101.6 mm (高阻硅); 25.4-50.8mm (太赫兹级晶体); 25.4-50.8mm (TPX)
- 厚度: 1mm(高阻硅); 1-3mm(太赫兹级晶体窗); 2-3.5mm (TPX窗)

7) 太赫兹反射镜



- 尺寸: 25.4, 38.1, 50.8, 76.2mm
- 厚度: 6.35mm

9) 太赫兹分光镜



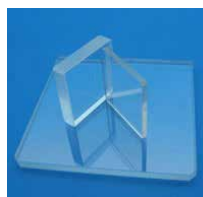
- 材料: 高阻硅
- 口径: ~150mm
- 分光比: 46 / 54

6) 太赫兹透镜



- 尺寸: 25.4, 38.1, 50.8mm(TPX透镜); 25.4, 38.1, 50.8mm(高阻硅透镜)
- 焦距: 25-200mm(TPX透镜); 25-200mm(高阻硅透镜)

8) 太赫兹波片



- 光谱范围: 30-1000 μ m
- 口径: 20*20mm, 50*50mm
- 类型: 1/2, 1/4

10) 太赫兹偏振片



- 波长范围: 7 μ m-3000 μ m
- 一般尺寸: 25mm
- 最大尺寸: 100mm
- 刻线数: 1200/mm

1.3.4. 太赫兹激光功率计

Ophir 激光功率计与激光能量计常规的校准波段一般为 0.19 ~ 20 μ m (15~1580THz)。专门为 THz 波段涉及的探头可扩展至 0.1 ~ 30THz。



型号	3A-P-THz	RM9-THz
频谱范围	0.1 - 30THz	
探头类别	热电堆探头	热释电探头
功率测试范围	15 μ W-3W	100nW-100mW;
功率计口径	12mm	8mm
噪音功率	4 μ W	20 μ W
系统响应速度	2.5s	3.5s
功率准确度	±8%	±10%
功率线性度	±1%	±2%
备注	测试脉冲信号至少 200Hz 重复频率, 测试连续信号需加 RMC1 斩波器	

2. 激光元器件

2.1. CVI 激光元件

美国 CVI laser optics 设计和生产紫外到近红外波段的高性能光学器件，主要应用在激光的光束调节和传输方面，在业内有很高的知名度。产品包括球面镜，平面镜，偏振片，棱镜和波片。还提供一系列用于超快激光应用的低色散和色散补偿光学元件。

CVI 产品精度高，性能好，光学元件各个参数达到行业顶尖水平，适用于对光学元件各方面性能要求高的科研、工业领域。

提供定制，批量生产。

2.1.1. 反射镜

CVI 提供超过 350 种镜片可供选择；设计入射角为 0° 或 45° ，覆盖波段从 190nm 到 2000nm；提供金、银、铝等金属镀膜，用于提高反射率、起保护作用等；使用 BK7 或 UVFS 材料，能够实现 $\lambda/10$ 表面质量的镜片；提供具有高反射率的镀膜镜片，如 MaxMirror 和 MaxBRlite 能在宽波段内实现大于 98% 的反射率。若是单面镀膜，会在未镀膜面用箭头指向镀膜面，方便使用。

1) 飞秒激光反射镜



具有宽带、高反射率、高损伤阈值和低群延迟色散的特点，应用于飞秒激光器。

提供两种型号分别对应 740-860nm，720-900nm 两个波段，并具备不同尺寸可选。

2) 线性激光窄带反射镜



高反射率、高损伤阈值，覆盖紫外到红外的所有主流激光器的波段。有十几款不同产品对应不同的波长和不同激光器。

3) 宽带介质反射镜



高宽带、高反射率，应用于低功率到高功率激光和固定或可变的入射角。

有两款不同类型的产品：MPQ 和 TLM2。其中，MPQ 覆盖主流的紫外和可见光波段的激光器波长，具有极高的反射率。TLM2：可调谐。能分别在 450~2100nm 波段实现连续激光和在 780~1030nm 短脉冲激光的高反射率。

4) 金属镀膜反射镜



具备能实现在紫外波段到中红外波段的高反射率金属膜层和起保护作用的保护膜。

2.1.2. 球面透镜

球面透镜主要用于聚焦、成像、准直或扩束等，广泛应用于各光学系统。

CVI 提供由 N-BK7, UV 级熔融石英, 准分子级熔融石英, CaF₂ 和 N-SF11 等材料构成, 直径范围为 2.5 至 76mm, 焦距为 3mm 至 10m 的透镜。

透镜支持各种镀膜, 包括增透膜、高反膜等。镜片的面形精度达到 $\lambda/10$, 能减少波前失真, 使散射最小。

包括平凸透镜、双凸透镜、平凹透镜、双凹透镜。

1) 平凸透镜



主要起聚光和准直光路的作用。当聚焦光在凸面处入射, 且透镜在无限共轭比处使用时, 能代替 best-form lens, 使得球面像差最小, 更加经济实惠。离轴使用时能减少球面像差和近零慧差。透镜材料是 N-BK7 或熔融石英, 不同型号的产品适用波段从 193nm 到 1600nm, 覆盖紫外到近红外。支持客户定制镀增透膜, 部分型号对连续激光和脉冲激光有较高的损伤阈值, 窄带脉冲激光: 15 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 宽带脉冲激光: 10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 连续激光: 1 MW/cm² @ 1064 nm。

3) 平凹透镜



应用于光学扩束, 在光学系统中增大系统焦距、平衡像差。当准直光从凹面处入射、位于无穷共轭处时能减少球面误差和彗形像差。不同款型号覆盖波长从 193nm 到 1550nm。透镜材料为 N-BK7 和 UVFS。支持定制尺寸、焦距和镀增透膜。部分型号有较高损伤阈值。窄带脉冲激光: 15 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 宽带脉冲激光: 10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 连续激光: 1 MW/cm² @ 1064 nm。

5) Best Form 正透镜



应用于光线的汇集和聚焦, 也可对点光源进行准直。在聚焦时能最大限度地减少慧形像差和球面像差。性能卓越, 能提供单透镜中最小的聚焦斑点。型号为 BFPL, 透镜材料熔融石英。通光孔径大于 75%, 镀增透膜后透过率超过 99% (视具体波长) 有较高的损伤阈值: 宽带脉冲激光 10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 窄带脉冲激光 15 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 连续激光: 1 MW/cm² @ 1064 nm

2) 双凸透镜



应用于常规的 1:1 成像、扩束和光束中继传输。正凸透镜能对真实物体的虚拟成像以及 0.2 至 5 良好的正共轭图像比 (取决于波长)。也可用于较低 f 值的对焦应用, 当以单位共轭比使用时, 其表现为最佳形式的单重透镜。覆盖波长从 193nm 到 1550nm, 透镜材料是 N-BK7 或熔融石英。有高面形精度 ($\lambda/10$) 和表面质量 (10-5)。支持定制焦距、尺寸和各类型的增透膜。

4) 双凹透镜



在各个光学系统中用于分散光或扩束, 在成像系统中可以透过透镜看到形成的虚像。透镜材料为 N-BK7 和熔融石英, 波段从 193nm 到 1550nm。通光孔径大于 85%, 镀增透膜后透过率超过 99% (具体由波长决定) 有较高的损伤阈值: 窄带脉冲激光 15 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 宽带脉冲激光: 10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 连续激光: 1 MW/cm² @ 1064 nm

6) 非球面玻璃聚光器



用于低成本的正透过率采购应用。在低 f 值, 高通量的情况下应用, 降低像差。不推荐成像、聚焦和或高功率下应用。波段 400-700nm, 镀氟化镁增透膜。表面质量 80-50。

2.1.3. 柱透镜

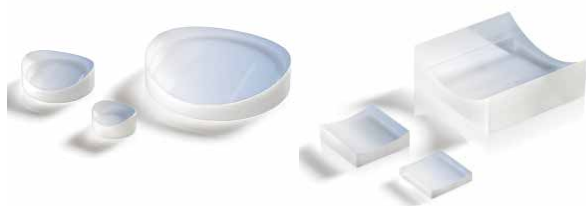
圆柱透镜能在一个维度上聚焦或展开光。典型应用包括激光扫描仪，全息，光学信息处理 / 计算，光谱学，染料激光和扫描共焦显微镜。CVI 激光光学柱面透镜制造精度高，损伤阈值高，能在工业，OEM 和研究应用中的高激光功率条件下保证元件的性能。这些精密镜头具有高表面精度，能达到 20-10 表面质量，能理想应用于大功率激光和降低散射以获得更好的信号噪声性能的应用。可镀宽带增透膜，支持定制。

1) 平凸型柱镜



用于在一个维度上聚光。正柱面透镜可以将输入准直光聚焦到一条线上，将光点变换为线图像或改变图像的纵横比。适用于激光线聚焦，激光投影，光束整形以及狭缝和线检测器阵列的照明。透镜材料 N-BK7 和熔融石英。表面质量 10-10。波段：193nm-1550nm。损伤阈值：10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 提供高能量低损耗的增透膜。镀膜后透过率大于 99%。

2) 平凹型柱镜



仅在一个维度上扩展光束，负圆柱透镜将输入准直光分离出一条线。适用于激光线生成，光束整形和图像的一维压缩。波段 193nm-1550nm，透镜材料 N-BK7 和紫外熔融石英 (UVFS)。表面质量 20-10，曲率误差 $\pm 0.5\%$ ，焦距误差 $\pm 0.5\%$ 。通光孔径大于 85%，透过率大于 99%，损伤阈值：10J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm

2.1.4. 组合透镜

多元素透镜是需要专门性能或高度相位差应用的理想解决方案。CVI 的消色差透镜，平面镜和物镜镜片旨在最大限度地减少波前畸变，以获得优秀的光束质量和最小的焦斑尺寸。CVI 除了色差校正外还提供高度的球面像差和彗差校正。CVI1064nm 的 F-theta 透镜提供高损伤阈值，具有小且均匀的焦点尺寸以及高扫描线性度。多元件组件也可用于增加或减少光束直径。组装中使用的高品质光学平面可以将激光准直系统的发散 / 收敛设置为小于 20 μ rad。

1) 消色差透镜



用于在图像平面的同一点聚焦两个或多个波长。减少球面像差和彗形像差。非常适合宽带应用，如天文望远镜，等离子光谱，生物医学仪器和激光束转向。由于其性能远远优于简单的单透镜，也能理想应用于单波长条件。能最大限度地减少球面像差和彗形像差。波段：400nm-700nm，透镜材料：N-BK4 或 SF10 等玻璃材料。通光孔径大于 90%，表面质量 20-10/60-20（根据型号），透过率大于 99.5%

2) 消球差透镜



在单色光条件下使用，通过消除彗形像差和球面像差得到最小焦点尺寸。优秀得衍射限制性能，应用在理想的非线性光学，激光束扩展和准直，干涉仪，材料处理和光纤耦合。波段 266nm-1550nm，通光孔径大于 90%。其中，LAI 波段 780nm-1550 nm，表面质量 60-40，可以通过简单调整后焦点位置，校正球面像差，彗形像差，散光和球面色差，使其能在各种波长下使用。LAPQ 波段 266nm-1064nm，表面质量 10-5，透镜材料 UVFS，通过消除像差可以得到最小的焦点尺寸。

2.1.5. 波片

波片通过双折射来改变光的偏振态，包括标准波片和偏振旋转器。应用于需要优化，控制或分析偏振的应用中旋转极化，在线性和圆偏振之间转换，调整椭圆率或分离波长。我们提供一系列高性能，高损伤阈值石英波片，包括零级，多级和双波长波片以及 90° 偏振旋转器，选择主要由工作波长和温度范围定。它们具有广泛的尺寸，波长，可根据具体需求提供定制。

每个石英板已经精确地被切割和抛光以实现低透射波前误差，高表面质量优异的平行度，从而在全孔径上实现高性能和精确的延迟控制。偏振旋转器的最高激光损伤阈值和性能达到同样高的标准，并可以以 $\pm 0.5^\circ$ 的精度旋光。可以与用于光学隔离的偏振分光镜立方体一起使用或作为连续可变的分束器使用。

1) 多阶石英波片



用于旋转偏振方向 ($\lambda/2$ 波片) 或在线性和圆偏振 ($\lambda/4$ 波片) 之间转换。当对波长和温度的敏感度不重要时推荐高性能和高激光损伤阈值型号。适用于窄带宽激光及稳定的工作温度范围。

波段: 193nm-1550nm。适合于工作在温度稳定的环境下，高表面质量 10-5，有高损伤阈值 10 J/cm^2 , 20nsec, 20 Hz; $1 \text{ MW/cm}^2 \text{ CW}$ @ 1064 nm

2) 零阶石英波片



用于旋转偏振 ($\lambda/2$ 延迟) 或在线性和圆偏振 ($\lambda/4$ 延迟) 之间转换的复合零级波片。推荐用于可调谐半导体飞秒激光器。

具有高性能规格和高激光损伤阈值，广泛的有用带宽，优异的热稳定性等优点。可以选择光学接触，环形安装和空气间隔接触。波长 193nm 到 1550nm，其复合设计使得它能在宽带宽范围内实现半波或四分之一波长的相位延迟。工作温度稳定，表面质量 10-5，透过率大于 99.75%。

损伤阈值 10 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz; $1 \text{ MW/cm}^2 \text{ cw}$ @ 1064 nm。

3) 双波长石英波片



用于旋转一个特定波长的偏振 ($\lambda/2$ 延迟) 而另一个波长偏振不变波片 (λ 延迟) 的双波长波片，具有高激光损伤阈值和双波长源的精确控制的优点。适合窄带宽和稳定的工作温度范围。表面质量 10-5，延迟误差: 23°C 下 $\lambda/100$ 。

镀增透膜后，

355+532: $R < 0.5\%$ at 355 nm and $R < 0.5\%$ at 532 nm

355+1064: $R < 1.3\%$ at 355 nm and $R < 0.5\%$ at 1064 nm

532+1064: $R < 0.6\%$ at 532 nm and $R < 0.3\%$ at 1064 nm

损伤阈值: 10 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz; $1 \text{ MW/cm}^2 \text{ cw}$ @ 1064 nm

标准型号适用于 Nd:YAG 激光器，其他波长和相位延迟组合支持定制。

4) 90° 偏振旋转器



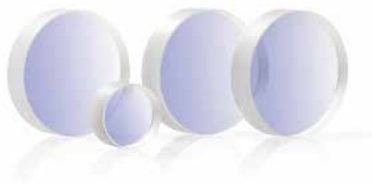
能够将线偏振光的偏振方向旋转 90° ，直接放在光路中，不需要角度调整。

适用单波长入射光，具有高损伤阈值。支持偏振旋转角度、尺寸和波长的定制 RT 型号波长: 1064nm，表面质量 10-5，镀增透膜，镜面反射率小于 0.25%。损伤阈值 10 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz; $1 \text{ MW/cm}^2 \text{ cw}$ @ 1064 nm。

2.1.6. 窗片和光学基板

窗口是简单而高性能的基板，具有平行或微光楔的表面。它们将一个光学环境与另一个光学环境分开，并可对光束进行采样或转向。CVI 支持定制多种形状，楔形选项和抗反射涂层。所有这些都按照严格标准制造，低波前失真、低散射、高激光损伤阈值，能满足对镜片要求极为严格的激光应用。

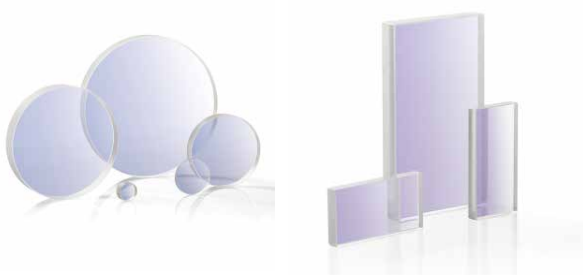
1) 高透射率激光窗口



镀增透膜提高透射率。高表面质量，低散射的光学窗口，具有一个或两个防反射涂层，用于高功率应用和输出最大光束。光楔选项： <10 arc sec 或 30 ± 5 arc min。标准直径从 12.7-101.6mm，标准厚度从 1.0-12.7mm，均支持定制。波段：193nm-1550nm，有单面镀膜和双面镀膜两种型号。

镜片材料：UVFS，表面质量 10-5，高损伤阈值，脉冲激光 15 J/cm^2 ，20ns, 20Hz at 1064nm，连续激光 1 MW/cm^2 at 1064nm。尺寸、基底和镀膜均支持定制。

2) 无镀膜光学基底



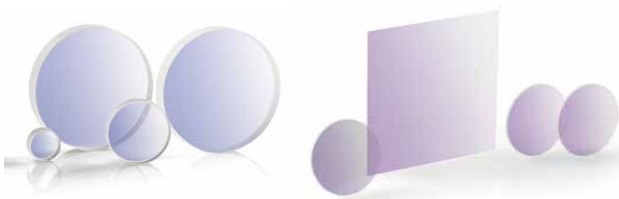
通过降低光楔，最大限度减少发射光束的角度偏差和对准误差。表面质量高，波前失真小，适用于消色差束采样等。圆形基底的楔形 <10 arc sec，矩形或矩形基底的楔形 $< \text{arc min}$ 低楔形选项： 30 ± 5 arc min 大楔形选项： 1° 或 3° 。镜片材料：FS 和 BK-7。传播波前误差： $\lambda/10@633\text{nm}$ ，表面质量 10-5。

透光孔径大于 85%，光楔 30 ± 5 arc min。基底、尺寸和镀膜均支持定制。

2.1.7. 分束器

分束器通过波长，功率或偏振分离光束，通过 90° 反射并传输其余部分。选择分束器的关键是为应用找到正确的功率处理和光束位移组合。CVI 的平面和立方分光镜提供了各种涂层选项，利用光学粘合剂，光学接触等技术，以实现高功率处理。涂层选项包括偏振，激光线性非偏振，离子束溅射，宽带电介质和宽带混合涂层。每个分束器按照严格的规格制造，以确保光束质量，包括低光楔形，低透射波前误差以及高表面质量。其宽带 AR (BBAR) 涂层具有在非常宽的范围内和高损伤阈值 (10 J/cm^2 , 20ns, 20Hz, 脉冲 1064nm, 1064nm 连续激光为 1 MW/cm^2)，平均反射率 $\leq 0.5\%$ 。支持定制精确尺寸，形状，波长或分割比例。

1) 分束镜



非常适合对高能量的应用，提供光束位移，鬼光束和偏振灵敏度都在合适范围内的分束镜。

高激光损伤阈值、光束偏移量约为 $0.3 \times$ 厚度，背面镀增透膜以减少鬼光束反射。支持不同功率和波长的分离。镜片材料：N-BK7 和 UVFS，透光孔径大于 85%。其面形精度 $\lambda/10$ at 633 nm，表面质量 10-5，反射率 $R_{\text{unp}} = 50\% \pm 15\%$ 。50%-50% 分光，具体分光波长、功率参照不同的型号。

2) 立方体分束器



通过接合界面避免了光束位移，但接口限制最大功率（如用环氧树脂用于接合）。鬼反射虽然减少，但仍然存在。具有无光束位移、易于安装、耐用和高激光损伤阈值的优点。可用于功率或偏振分离。透光孔径大于 85%，表面质量 20-10，不同型号涵盖波段 266nm-2000nm。

3) 分束器组件



高能量连续可变分光器通过结合半波片和偏振分束器，以实现光束传输的可变衰减。透过率 = 1%-95%，高损伤阈值，能实现高功率激光精确控制。波长从 266-1064nm，可用于 Nd:YAG 激光器。

反射率小于 0.25%，损伤阈值： $5 \text{ J/cm}^2@1064\text{nm}$ 。

2.1.8. 偏振器

偏振器将光束分成两个高度偏振光束，从而使它们适合用于特定偏振的分离。当选择一个偏振器时，消光比和功率承受能力主要考虑内容，特别是激光应用。通常选择平面镜和立方体形式，入射角为 45° 或布儒斯特角。CVI 的线性激光偏振器和宽带偏振器涵盖波段从紫外到红外。具有高损伤阈值，在 1064nm 达到 20 J/cm^2 (20ns, 20Hz 脉冲激光)，消光比高达 5000:1。偏振器的主要用途是将光束分离成 S 分量或 P 分量。也可用于不同偏振光耦合，当偏振方向正交时可以获得很高的耦合效率，若输入无偏振光，则约有 50% 的耦合效率。可以和波片组合作为无源光隔离器。

1) 立方体偏振器



能用于紫外到近红外的窄带或宽带波段，棱镜表面可以限制功率处理（用环氧树脂胶合）。易于安装，具有高损伤阈值，波段 248nm-2000nm。表面质量：10-5，反射率小于 0.2%。使用熔融石英等，具体参数参照不同型号。

2) 偏振片



适用于高能量激光方面的应用，具有高表面质量、窄带、低光楔，低 TWE，能最大限度保证光束质量。具有高损伤阈值、低波前误差 ($\lambda/8$)，提供的标准波长为 Nd: YAG 和 Nd: YLF 激光器的对应波长，其它波长可以定制。传输效率 (部分) $\lambda \geq 527\text{ nm}$: 95%， $\lambda = 355\text{ nm}$: 90%， $\lambda = 248\text{ nm}$ or 266 nm : 85% 表面质量 10-5，连续激光损伤阈值: 1 MW/cm^2 @ 1064 nm。脉冲激光损伤阈值: 20 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 面形精度: 镀膜前 $\lambda/10$ at 633 nm，材料紫外级熔融石英。

2.1.9. 超快光学元件

应用于超短脉冲激光，可以在泵浦，钛蓝宝石振荡器，放大器，及相关的部分应用。

它们包括激光线反射镜，宽带电介质和金属镀膜反射镜，偏振器，立方体分束器，色散补偿棱镜，和镀增透膜窗口。适用于脉冲长度 10 到 130 飞秒的超快激光。提供半导体激光器和钛蓝宝石激光器的定制。具有低群延迟色散和高损伤阈值，提供波长和曲率半径的定制。

1) 啁啾脉冲反射镜



具有宽带、高反射率、高激光损伤阈值，低群延迟色散的特点。专为超短脉冲激光应用设计的高反射镜。覆盖波长 200-20000nm，超过 85% 的通光孔径，反射率大于 95.5% (根据具体型号、波长决定)。材料 N-BK7、UVFS，入射角 0° 或 45° ，镀膜后面形精度 $\lambda/10$ at 633 nm。表面质量 10-5。

2) 啁啾脉冲偏振器



将光束分成两个高度偏振光束，从而使它们适合用于特定偏振的分离。根据消光比和功率选择一个适当偏振器。有平面和立方体形式可供选择。入射角可以为 45° 或布儒斯特角。窄带，高损伤阈值，脉冲激光 10 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 连续激光 1 MW/cm^2 @ 1064 nm，适合高能量激光应用。表面质量 10-5，镀膜前面形精度 $\lambda/10$ at 633 nm。

3) 啁啾脉冲分束器



高效率，低色散，s 或 p 偏振光按 50: 50 分光。超过 200nm 的带宽。中心波长从 790 到 1550nm。

高效率、高耐久度使得它们在超快激光系统和实验优于部分反射金属涂层的元件。接近线性的群延迟色散，适用于激光脉冲持续时间 $>15\text{ fs}$ 的激光系统。材料 UVFS，入射角 45° 。

2.1.10. 棱镜

CVI 提供了包括光束转向，成像图像调整，波长分离等多种类型的棱镜。适合于在高功率激光工业，科研应用。可以定制的材料和尺寸，也提供各种电介质和金属涂层镀膜的棱镜。

棱镜在工业上有广泛应用，如通过光谱中实现激光跟踪和定位，测距和大气监测。其宽带宽、高损伤阈值，使得在激光系统中的色散补偿腔内使用或作为光束分离器。棱镜实现通过精抛光具有高表面质量、高面形精度和高激光损伤阈值，可选择镀低损耗抗增透膜。通过优秀的制造工艺，CVI 的棱镜具有大的通光孔径，小尺寸公差，以及低角度偏差的优点。棱镜的使用材料包括 N-BK7，熔融二氧化硅，Suprasil 1，晶体石英和 N-F2，其他材料可根据要求提供。支持各种光学涂层。

1) 无涂层楔形棱镜



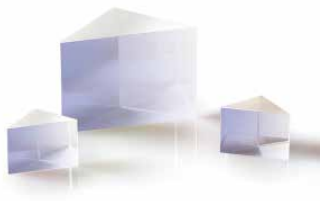
用于控制入射光束的偏差，并消除由于背反射造成的杂散光束。应用在干涉测量，光学的质量检测，以及高增益灵敏激光器的输出耦合。两个楔形棱镜可以通过角圆锥体组合改变波束转向。低楔选项： $30 \pm 5 \text{ arc min}$ ，高楔选项： 1° 或 3° 。标准厚度 $3.175\text{--}12.7\text{mm}$ ，标准直径从 $12.7\text{--}101.6\text{mm}$ 。直径和厚度支持定制。使用材料：UVFS 或 N-BK7，表面质量 10-5，传输波前误差 $\lambda/10$ @ 633 nm 。通光孔径：大于 85%。

2) 无涂层直角棱镜



用于 90° 或 180° 反射准直光束。因此用于改变成像方向，逆反射和作为外反射器。具有高品质的表面抛光，适合在高功率应用中使用。材料为 N-BK7 或 UVFS，支持定制材料和尺寸。标准倒角： $0.35\text{mm}@45^\circ$ ，角度公差： $\pm 3 \text{ arc min}$ 。

3) 镀增透膜棱镜



用于 90° 或 180° 反射准直光束。因此用于改变成像方向，逆反射和作为外反射器。具有高品质的表面抛光，适合在高功率应用中使用。材料为 N-BK7 或 UVFS，支持定制材料和尺寸。由于其镀增透膜会减少光束进入棱镜时的反射损耗。表面质量 10-5，通光孔径大于 50%，角度误差 $\pm 3^\circ \text{ arc min}$ 。损伤阈值：脉冲激光 10 J/cm^2 , 20 nsec , $20 \text{ Hz}@1064\text{nm}$ 连续激光 $10\text{MW/cm}^2 @1064\text{nm}$

4) 色散棱镜



用于将光束分离成不同分量波长，或将色散添加到系统中。通常以最小偏差角度使用，使得入射角和出射角相等，棱镜放大倍数为 1，反射损耗低。

用高品质表面抛光的 N-BK7，紫外级熔融石英，N-F2 和 Suprasil 1 等材料，适合高功率使用。

等边棱镜具有更多的色散性能，等腰棱镜具有更好的 p 偏振透射。可以定制尺寸，材料和涂层。

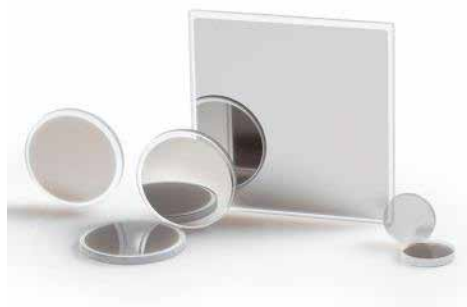
Pellin Broca 棱镜用于 90° 的波长分离。将单波长相对于输入光束偏离 90° ，多波长偏离 90° 左右。表面质量 10-5，通光孔径大于 85%。损伤阈值 15 J/cm^2 , 20 nsec , $20 \text{ Hz}@1064 \text{ nm}$ ，面形精度 $\lambda/10 \text{ p-v at } 633 \text{ nm}$ ，角度误差： $\alpha: \pm 30 \text{ arc min}$ ， $\beta: \pm 2^\circ$ 。

2.1.11. 滤光片

CVI 提供了近千个种滤光片, 包括带通, 边缘和陷波滤波器。波长范围从一到几百纳米。我们的中性密度滤光片可以均匀地衰减单个激光波长或宽范围的波长。具有 93% 的平均传输效率, OD 6 带外阻挡和高激光损伤阈值的规格, 适合使用条件苛刻的激光应用。中性密度滤光片系列可镀包括吸收性涂层, 金属涂层和介电涂层, 使其能在宽波长范围、较低功率使用, 也能通过在单个高功率激光波长下使用。支持客户定制。



用在宽辐照度范围下呈比例衰减, 分离或组合光束, 而不影响波长。宽带使用, 衰减随波长变化, 低功率。镀金属膜: 宽带使用, 波长均匀衰减, 低功耗。镀电介质膜: 窄带使用, 精确衰减; 高激光损伤阈值。波长从 250nm-2550nm, 表面质量 80-50, 镜片材料: 熔融石英或 BK7。表面光洁度: $\leq 3 \lambda$ per 25-mm area。



2.2. Altechna 光学元器件

Altechna 公司 1996 年成立于立陶宛，是一家光电和激光器研究的公司，主要致力于提供激光高能光学配件，激光光路设计解决方案，同时代理当地知名光电工业品牌，并提供高品质的检测保证以及激光器相关配件的制造。产品和服务涵盖 DPSS 激光器，DPSS 飞秒激光器，激光系统制造和整合，光学系统设计生产以及研究机构的建立，备有常规库存，可在最快时间内提供相关光学元件，已与四十多个国家的科研机构和公司保持良好的合作关系，主要的市场如欧洲，美国，日本，中国，韩国等。

产品和服务包括一般光学元件，偏振光学元件，激光器晶体，非线性晶体，激光器以及激光器配件，光学原件品质计量检测。

2.2.1. 普通光学元件

1) 各种镀膜非镀膜光学窗口基底



- 材质: 有 BK7, UVFS 等。
- 规格: 从 12.7mmX3mm 到 76.2mmX8mm, 最大可定制 500mm 窗口。
- 用途: 分光镜, 窗口和部分反射镜的理想材质, 适用于 UV, 高功率和超短脉冲激光应用。

2) 透镜



包括平凸透镜，正负柱面镜，鲍威尔透镜，消色差透镜等。

- 材质: 有 BK7, UVFS, CaF_2 和 ZnSe 等。
- 规格: 包括直径 12.7mm, 25.4mm 和 50.8mm, 厚度 2.0mm 和 3.0mm, 焦距可选 20mm-10000mm, 最大可定制 500mm 直径, 1.5-20000mm 焦距的产品。
- 用途: 可用于光束聚焦发散。
- 材质: 有 BK7, UVFS 等。
- 规格: 尺寸规格有 10x10mm, 20x20mm 和 30x30mm 等, 焦距有 50-3000mm。
- 用途: 主要用于激光振镜, 光谱学, 染料激光器, 声光和其他应用。
- 材质: N-BK7, S-YIH6, N-SF5
- 规格: 尺寸主要是 9mm 直径,

扇顶角从 10-90 度, 激光光束宽度主要有 1, 2, 3mm。

- 用途: 主要用于产生均匀的激光光束, 用于设备视觉应用。
- 材质: 各种材质皆有。
- 规格: 直径有 12.7mm 和 25.4mm, 焦距有 30-250mm, 支持定制。
- 用途: 主要用于消除光学像差和色差, 可用波长范围 400-1050nm。
- 材质: 主要材质有 UVFS。
- 规格: 直径主要有 25.4mm, 厚度 5.0mm, 顶角有 90-179 度。

包括平凸棱锥和平凹棱锥。

3) 棱锥



• 用途: 主要用于激光打孔环切, 显微学和医疗行业。
包括色散棱镜和直角棱镜等。

- 材质: 主要材质有 BK7, UVFS,
- 规格: 尺寸可支持定制。

4) 棱镜



- 用途: 用于波长分离, 光路调整等,

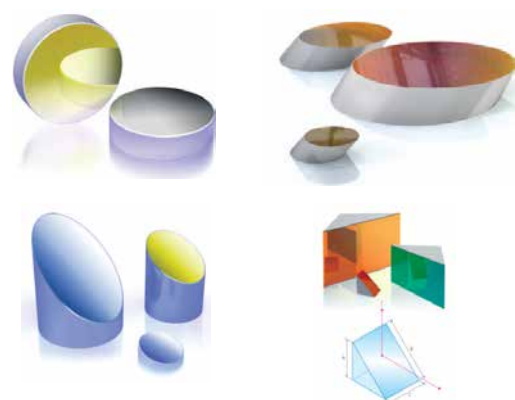
5) 镀介质膜元件



包括激光高反射镜，分光镜，激光输出耦合镜，波长分束镜，增透膜窗口等。

- 材质：主要材质有 BK7，UVFS。
- 规格：直径有 12.7mm，25.4mm 和 50.8mm。
- 用途：适用波长从紫外到近红外波段，高反射镜反射率可达到 99.9%。

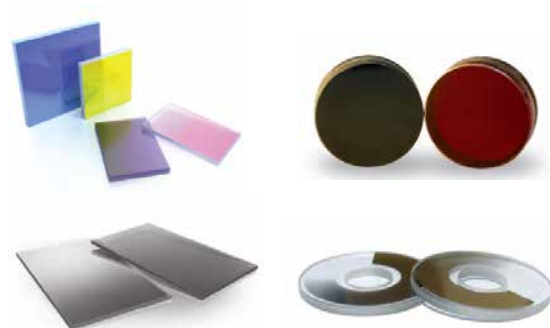
6) 镀金属膜元件



包括圆形镜，椭圆形平面反射镜，离轴抛物镜，柱面凹面镜，直角棱镜反射镜等。

- 材质：主要材质有 BK7 和 UVFS，镀膜有金，银，铝等。
- 规格：直径有 12.7mm, 25.4mm 和 50.8mm。
- 用途：可用于高反射率要求。

7) 滤光片



包括彩色玻璃滤光片，干涉滤光片，中性密度滤光片，环形可调中性密度滤光片。

- 材质：Schott glass，中性密度镜片。
- 规格：直径 12.7mm, 25.4mm, 50.8mm
- 用途：主要用于激光功率衰减和滤光，彩色玻璃滤光片可针对黄光，橙光，红光，蓝光，绿光等；干涉滤光片波长范围 250-5000nm；中性密度滤光片衰减比例有 0.1%-80%。

8) 无偏振分光立方体



- 材质：BK7。
- 规格：5x5x5, 12.7x12.7x12.7, 15x15x15。
- 用途：用于光束等比例分光，不受偏振影响，偏差不超过 5%，主要用于 532nm, 633nm, 1064nm 波长。

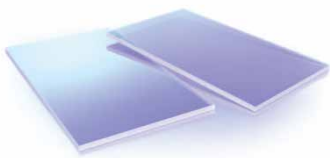
2.2.2. 偏振光学元件

1) 波片



- 材质：石英。
- 规格：适用波长范围 240-9000nm, 包括二分之一，四分之一波片。
- 用途：可用于高功率能量应用。

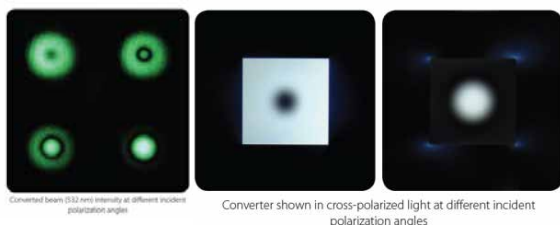
2) 偏振片



包括宽带中红外偏振片，径向 / 角向偏振片，薄膜偏振片，高对比度高消光薄膜偏振片。

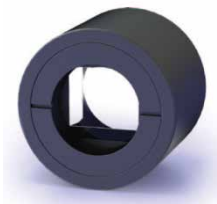
- 材质：主要材料有 KRS-5, CaF₂, ZnSe, UVFS 等。
- 规格：宽带中红外偏振片波长范围 20-1000 μ m, ; 径向 / 角向偏振片波长范围 488-1550nm, 透过率 40%-70%; 薄膜偏振片波长范围 266-1550nm。
- 用途：偏振分光。

3) 偏振转换器



- 材质：石英。
- 规格：波长范围 400-2000nm, 尺寸 1mm-10mm, 传输率 40%-90%。
- 用途：可用于各种偏振旋转和光斑整形应用。

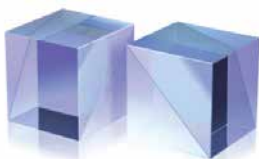
4) 偏振器



包括格兰偏振器，格兰 - 泰勒偏振器，格兰 - 汤普森偏振器，沃拉斯顿偏振器，罗尚偏振器。

- 材质：a-BBO, Calcite, YVO₄ 等。
- 规格：通光孔径 8mm, 10mm, 12.7mm, 15mm, 20mm 等。
- 用途：适用波长范围 200-4000nm, 主要用于将非偏振光转换为偏振光。

5) 偏振分光立方体



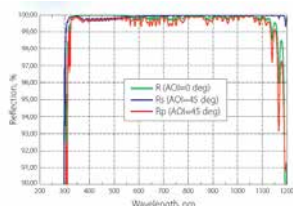
- 材质：主要材质 BK7, UVFS 等。
- 规格：波长范围 250-2200nm, , s 和 p 方向反射透射比例大于 90% 以上。
- 用途：偏振分光。

2.2.3. 超快 & 超宽带光学元件

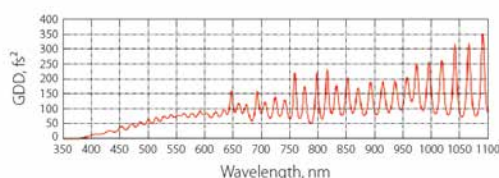
1) 超宽带高反射镜



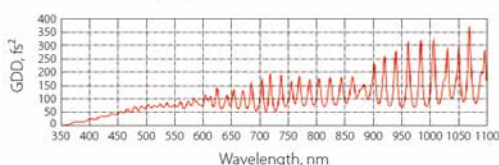
- 材质: BK7。
- 规格: 波长范围 350-1100nm, 可用于 0-50 度入射角, 发射率可达到 99%, 常用尺寸有直径 25.4mm, 厚度 6.35mm。
- 用途: 高功率激光光路调整。



GDD vs. Wavelength, AOI=0°



GDD vs. Wavelength, AOI=45°

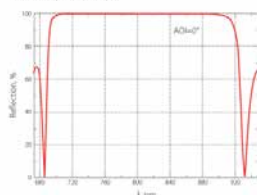


2) 低 (GDD) 超快反射镜

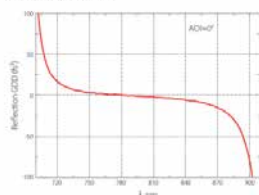


- 材质: 主要材质为 UVFS。
- 规格: GDD 值可控制在 -10fs^2 到 10fs^2 , 波长范围 250-1060nm, 反射率大于 99%。
- 用途: 主要用于飞秒应用, 可同时兼顾高反射率和低 GDD。

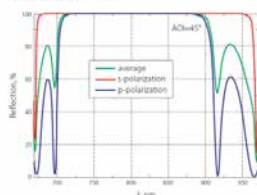
Calculated reflection curve of [1K00-GDD] coating



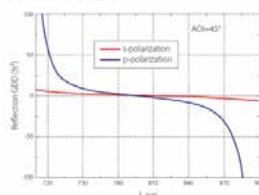
Calculated GDD-reflection values of [1K00-GDD] coating



Calculated reflection curve of [1K45-GDD] coating



Calculated GDD-reflection values of [1K45-GDD] coating

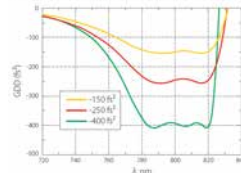


3) GTI 色散压缩镜

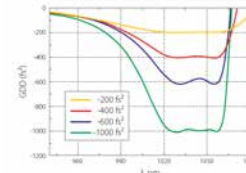


- 材质: 主要材质为 UVFS。
- 规格: 12.7x5mm, 25.4x5mm。
- 用途: 主要用于 Yb:YAG, Yb:KGW 飞秒激光器的脉冲压缩, 也可用来优化其他波长, 如 Ti:Sapphire 激光系统, 反射率可达到 99.9%, 中心波长误差可控制在 1% 左右。

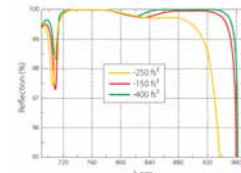
Simulated GDD curve for GTI mirror, HR=99.8% @700-900 nm, GDD@780-820 nm, AOI=0 deg



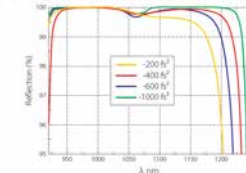
Simulated GDD curve for GTI mirror, HR=99.8% @930-1150 nm, GDD@1020-1060 nm, AOI=0 deg



Measured reflection curve for GTI mirror, HR=99.8% @700-900 nm, GDD@780-820 nm, AOI=0 deg



Measured reflection curve for GTI mirror, HR=99.8% @930-1150 nm, GDD@1020-1060 nm, AOI=0 deg



4) 色散镜

包括宽带色散镜, 高负色散镜, 高正色散镜。

- 参数及应用: 波长范围 230-6500nm, 主要用于飞秒系统应用, 可提供非常高的 GDD 补偿值。

5) 超高反射率反射镜

- 参数及应用: 反射率可达到 99.99%, 带宽大于 200nm, 波长范围 260-2900nm。

6) 三阶色散 (TOD) 镜

- 参数及应用: 当脉宽小于 30fs, 需要补偿三阶色散, 且不引入任何 GDD。波长范围 590-1800nm。

7) 超宽带抗反射镜片

- 参数及应用: 为了防止镜片产生菲涅尔反射, 镜片都会镀增透膜, 该镜片提供宽带增透膜, 并保持低 GDD 值, 反射率低于 5%, 波长范围 550-2375nm。

8) 超宽带分束镜

- 参数及应用: 主要用于超短脉冲, 波长范围 265-3275nm, 分光后主要分为透射和反射两个部分, 且相位都不会发生任何改变, 色散有着良好的控制。

2.3. 激光晶体

Raicol 公司总部在以色列，成立于 1995 年，主要从事非线性晶体制造及研发，从晶体生长到装配都有完善的解决方案，支持电光调 Q。产品主要用于航空航天，通信，医疗，工业及科研激光等市场，常规产品有 RTP, KTRP, BBO 等，同时有用于 SHG 和 THG 的超精良 LBO 晶体，用于高功率激光的 SHG 的 HGTR KTP 和 SKTP 晶体，用于 SHG 和 OPO 的 KTP 晶体以及自主研发的 PPKTP 晶体等，可支持不同尺寸及特殊要求的定制方案。

1) 用于高功率激光的 HGTR KTP



口径	可达 8mm×8mm
长度	可达 12mm
平整度	$\lambda/10$
平行度	10 arc sec
垂直度	10 arc min
划痕	10/5
增透膜	双带 R <0.1%
吸收系数	<50ppm/cm @ 1064nm <200ppm/cm @ 532nm
输出平均功率密度	up to 5kW/cm ² @ 532nm
损伤阈值	600MW/cm ² @ 1064nm/ 10ns

2) BBO 晶体及电光模块



口径	可达 15mm×15mm
长度	可达 20mm
平整度	$\lambda/10$
平行度	5 arc sec
垂直度	5 arc min
划痕	10/5
增透膜	双带 R <0.2%
吸收系数	<50ppm/cm @ 1064nm <100ppm/cm @ 532nm
波面畸变控制	$\lambda/8$ ($\lambda=633nm$)
损伤阈值	1GW/cm ² @ 1064nm/ 10ns 500MW/cm ² @ 532nm/ 10ns

3) LBO 晶体

适用波长：160 ~ 2600nm



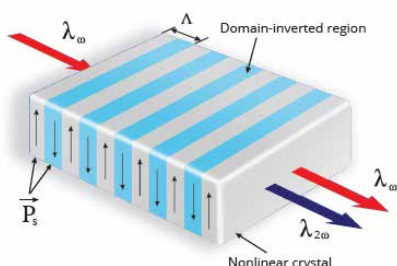
口径	可达 50mm×50mm
长度	可达 40mm 沿 X 轴
平整度	$\lambda/10$
粗糙度	<0.3nm RMS
平行度	5 arc sec
垂直度	5 arc min
划痕	2/1, 可订制 0/0
增透膜	双带 R <0.1%
吸收系数	2~4ppm/cm, 体吸收, 1064nm 1~2ppm, 表面, 1064nm 8ppm/cm, 体吸收, 532nm 1~2/cm, 表面, 532nm
波面畸变控制	$\lambda/8$ @ 633nm
损伤阈值	800MW/cm ² @ 1064nm/ 10ns 500MW/cm ² @ 532nm/ 10ns 300MW/cm ² @ 355nm/ 10ns

4) KTP 晶体：用于 OPO



口径	可达 30mm×30mm
方向	$\Theta=90^\circ$, $\Phi=0^\circ$
长度	可达 40mm 沿 X 轴
平整度	$\lambda/10$
光学楔角 (沿 Y 轴偏振)	10 arc min
垂直度	10 arc minwqw
划痕	10/5
增透膜	双带 R<0.2%
吸收系数	< 50ppm/cm @ 1064nm
波面畸变控制	$\lambda/5$
损伤阈值	600MW/cm ² @ 1064nm/ 10ns

5) PPKTP

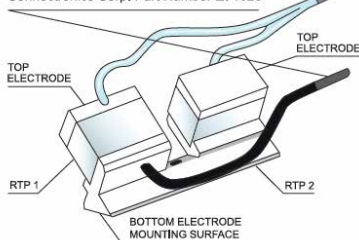


透过范围	350 ~ 4000nm
长度	可达 30mm
标准口径	1mm×2mm
运行温度	近室温 / 可订制
镀膜选项	腔内 / 腔外, AR/AR, AR/HR
损伤阈值	600MW/cm ² @ 1064nm/ 10ns

6) RTP 电光模组

RTP EO Cell Structure

High voltage FEP wires cables L-150 mm
Connectronics Corp. Part Number Et 1828



透过范围	500 ~ 4000nm
透过率 @ 1064nm	>99%
半波电压	3.6kV (9×9×10mm3 × 2)
消光比	可达 30dB
有效口径	1.5mm×1.5mm ~ 10mm×10mm
晶体长度	可达 50mm
接收角	< 4°
标准增透膜	R<0.1% @ 1064nm
损伤阈值	1GW/cm ² @ 1064nm/ 10ns

2.4. 高性能激光加工元器件

德国 Sill Optics 已经有一百二十多年的历史，一直致力于高性能光学元件、镜头的研发和制造。产品广泛用于高功率激光加工与超快激光加工。

Sill Optics 主要提供四类产品：扫描镜头；扩束镜；非球面镜；镜片组合。

2.4.1. 扫描镜头 (Scan Lens)

常用于工业材料加工，如钻孔，焊接，切割等，同时也用于医药，生物科学和其他科研方面。适用于短脉冲，超短脉冲飞秒激光设备。

1) 熔石英远心 f-theta 镜头



- 规格：波长范围 266-1980nm，焦距 32.2-305.5mm，扫描区域大小有 6x6mm，20x20mm，60x60mm，90x90mm，130x130mm 等。
- 用途：可用于激光垂直加工，包括材料表面钻孔和建模，适合大视场应用和高功率激光应用，同时对镜头热效应有良好的优化效果。

2) 熔石英 f-theta 镜头



- 规格：波长范围 266-1980nm，焦距 118.4-919.9mm，扫描区域大小有 73x73mm，160x160mm，215x215mm，139x139mm，425x425mm 等。
- 用途：常用于高功率激光应用，如焊接，清理和建模等，对于镜头热效应有良好的优化。

3) 光学玻璃远心 f-theta 镜头



- 规格：波长范围 405-1064nm，焦距 53.1-207.3mm，扫描区域大小有 14x14mm，20x20mm，60x60mm，139x139mm 等。
- 用途：孔径光阑所在位置在焦点前面，通过转向实现激光垂直加工。

4) 光学玻璃 f-theta 镜头



- 规格：波长范围 405-1064nm，焦距 89.7-1200mm，扫描区域大小有 53x53mm，90x90mm，160x160mm，748x748mm 等。
- 用途：主要用于大扫描区域加工，有良好的光学品质。

5) 光学玻璃小型 f-theta 镜头



- 规格：小镜框，光束输出孔径尺寸最大为 8mm，支持 M39x1 螺纹，可附件 M55x1，M79x1 和 M85x1 螺纹转换头，波长范围 532nm，1064nm，焦距 62.9 - 335.1mm，扫描区域大小有 30x30mm，65x65mm，155x155mm，200x200mm 等。
- 用途：由于视场小，所以相对标准镜头成像会更好，可用于小区域扫描加工。

6) 色差修正 f-theta 镜头



- 规格：波长范围有 532nm+1064nm，355nm+1064nm，808nm-980nm，450nm-650nm，405nm-650nm，焦距 60.3mm,163.2mm，254mm 等，扫描区域大小 22x22mm，70x70mm，180x180mm 等。
- 用途：通过在线测试系统证明，市场上色差修正 f-theta 镜头可用于 1064nm 和 532nm 波长。用于共聚焦显微镜应用时，可对于 450nm-650 波长范围进行优化，同时也可以优化 355nm 和 1064nm 波长的镜头。对于所有波长的光，相同焦距和工作距离，可以获得相同的成像视场。

2.4.2. 扩束镜

主要用于光学系统里扩大或者缩小光束直径尺寸，适用于高平均功率激光和高脉冲功率激光，包括固定放大率和可调放大率两种，其中有手动调节和自动调节。

1) ALPHA 固定倍率扩束镜



低吸收率高光圈，固定放大率的扩束镜，熔石英材质。

- 规格：主要是为波长范围 1030nm-1090nm，放大倍数 0.8-6.0，最大入射孔径 10-25.5mm。
- 用途：主要为高功率大光斑激光设计，高功率一般 1/e² 区域的光斑大小为 6-9mm，全光斑尺寸最大可到达 18mm，石英材质可降低损伤阈值，低吸收膜可优化镜头的热效应，从而可以用于千瓦级别的高能激光应用。

2) 熔石英固定放大率的扩束镜



- 规格：放大倍数从 1.5X 到 20X，适用波长范围为 266-1980nm。
- 用途：为了方便瞄准，采用了空气间隙双透镜的系统结构，从而最小化像差和限制衍射成像，而且非常方便调节镜头的发散角，该镜头为伽利略式，相对于开普勒式镜头没有外焦点，外形尺寸也比较短。

3) 微型熔石英固定放大率的扩束镜



- 规格：波长范围 355-1090nm，放大倍数 0.8-4.0，最大入射孔径 8-12mm。
- 用途：适用于对空间尺寸要求小的应用，镜头只包括两个镜头组，可实现与标准镜头一样的光学成像，整体长度只有 44.7mm，发散角调节和机械螺纹与标准的扩束镜是兼容的，同时也提供低吸收膜，可用于高功率激光应用。

4) 带马达接头的熔石英固定放大率扩束镜



- 规格：波长范围 266-1980nm，放大倍数 1.5-20，最大入射孔径 6.0-8.0mm。
- 用途：由标准镜头改进可远程控制发散角的变化，原始的光学性能仍然稳定，马达接头可支持 6mm 调节行程上分辨率达到 2400 步。

5) 可变倍率熔石英扩束镜



- 规格：波长范围 266-1980nm，放大倍数 1.0-8.0，最大入射孔径 10.0-18.0mm。
- 用途：由超高修正的 4 片镜片组成，发散角和放大率设定都是独立，非常方便操作，在变焦和调整发散角时，镜头总长是一定的，可实现不同焦距的应用。

6) 电动可变倍率熔石英扩束镜



- 规格：波长范围 266-1090nm，放大倍数 1.0-8.0，最大入射孔径 10.0-10.5mm。
- 用途：一般情况下，可通过马达接头由 PC 远程控制放大率，发散角需要手动调节，实现不同焦距的应用。

7) 增强强动力可变倍率熔石英扩束镜



- 规格：波长范围 266-1090nm，放大倍数 1.0-8.0，最大入射孔径 9.0mm。
- 用途：适用于要求比较前沿刺激的应用，全电动高精度系统，工业应用可充分利用其卓越的发散角和放大率调节的重复性和可靠性。

2.4.3. 非球面镜片

应用于非常多的光学系统内，主要优点有降低球差，大孔径，质量轻，低损耗和不产生虚影。由于本身的高纯度的石英材质和低吸收膜可降低热效应。目前，最大尺寸可做到 180mm，焦距长度范围 20mm-200mm 之间，可用于聚焦和瞄准。

1) 带框熔石英精密非球面透镜



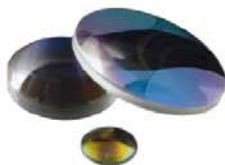
- 规格：波长范围 515-1980nm，焦距 20-204.6mm，外框尺寸有 36mm，41mm，56mm 三种。
- 用途：该镜头适合聚焦和瞄准，可用于高功率和光纤激光应用。

2) 无框熔石英精密非球面透镜



- 规格：波长范围 515-1980nm，焦距 20-204.6mm。
- 用途：随着非球面镜在光学系统里的广泛应用，对于高数值孔径的光学系统要求更高的分辨率，高输出的非球面偏差要小于 0.05umRMSi。用于高分辨要求，可支持定制品。

3) 无框熔石英标准非球面透镜



- 规格：波长范围 515-1980nm，焦距 20-82.7mm。
- 用途：对于焦长在 100mm 以内，可提供对于非球面公差要求不是很高的标准系列产品，偏差小于 0.25um RMSi。可用于大光斑高功率的光纤和多模激光应用。

2.4.4. 组合式聚焦镜头

多级镜片组合可优化镜头成像误差，对于非扫描应用，可提供精密的聚焦性能。单色光学系统只在特定波长进行修正，空气间隙的石英材质镜头非常适合高功率激光的准直和聚焦。消色差光学系统需要由多种玻璃材质和不同偏差的镜头组成，又由于组件往往是粘合在一起的，降低了损失阈值，所以只能应用于平均功率低于 200W 的激光应用。

1) 带框空气隙熔石英聚焦镜头

- 规格：波长范围 266-1090nm，焦距 23.8-249.8mm。
- 用途：用于光路聚焦，可拆卸

2) 双胶合光学玻璃聚焦镜头

- 规格：波长范围 1064nm，焦距 25-310mm。
- 用途：用于消除光学色差，体积小方便组合。

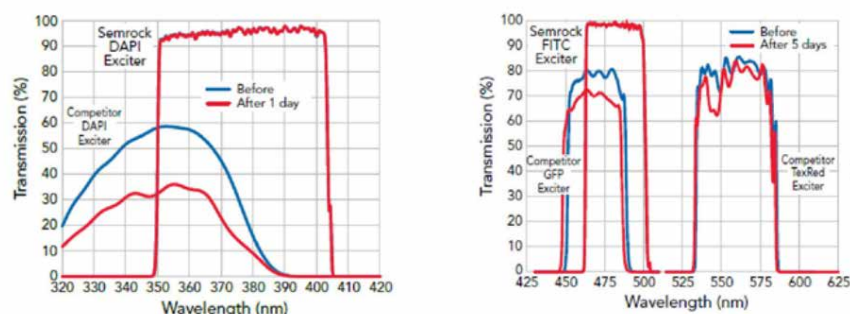
2.5. Semrock 滤光片

美国 Semrock 公司专业生产滤光片，具有大量设计专利和技术，已经成为生命科学行业的滤光片的标准，是目前市场上先进的光谱滤光器生产公司。

产品主要应用于 DNA 测序、荧光显微镜和成像、高通量筛选、点护理诊断、拉曼和 FTIR 光谱、光学断层相干扫描等。

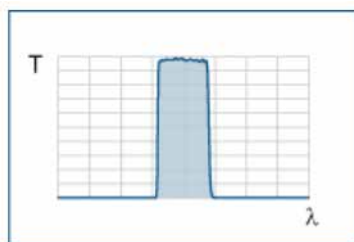


Semrock 通过硬涂层能极大地提高滤光片的光学损伤阈值。常规滤光片在 8 W/cm^2 连续曝光一天，传输下降了 42%。相比之下，Semrock 滤光片能保持不变。在以 1 W/cm^2 的强度照射，常规镜片在 300 小时后出现故障，无法滤光，而即使经过超过 1000 小时的曝光，Semrock 滤光片也不会改变。

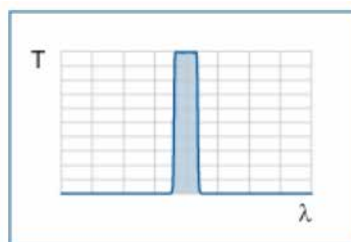


2.5.1. 单带 / 单边滤光片

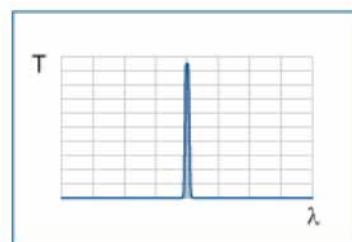
此类滤光片通常具备一个通过 / 截止带或边沿，为最常用的滤光片。



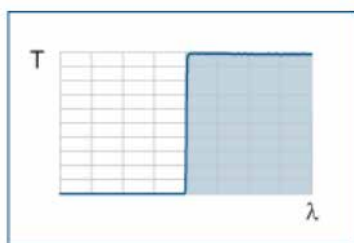
单带通滤光片



激光净化滤光片



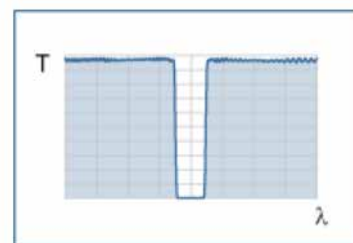
窄带净化滤光片



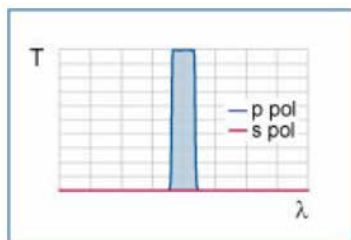
长通边沿滤光片



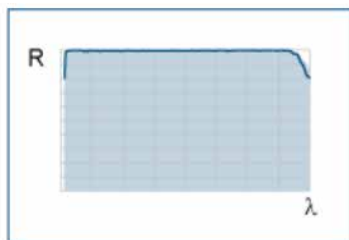
45° 长通单边二向色镜



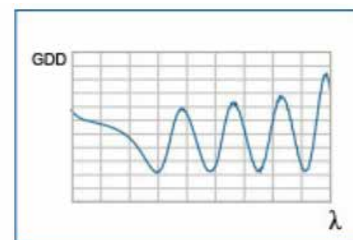
单陷波滤光片



偏振带通滤光片



宽带反射镜

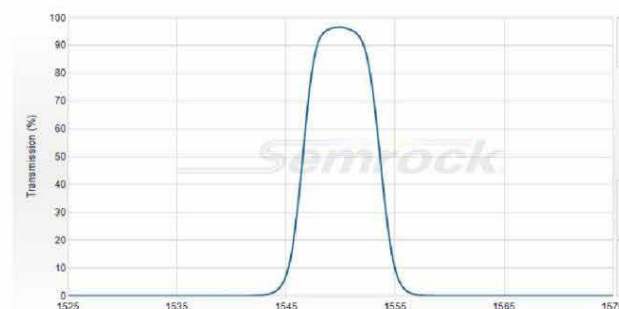


GDD 控制反射镜 / 分束片

1) 单带通滤光片

此类滤光片通常具有非常宽的阻挡带宽，但中心透过率有限。

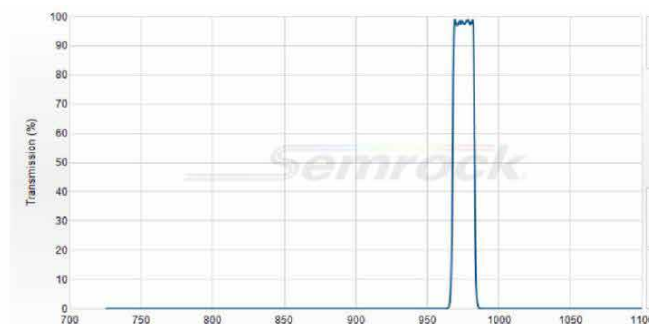
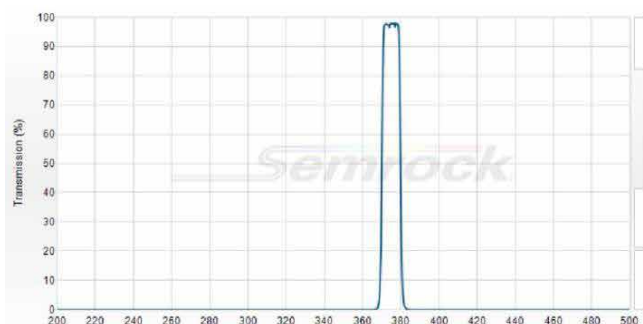
- 范围：224nm-1622nm
- 透过率：40%-70%
- FWHM：9.4nm-32nm 不等
- 圆形和方型可选
- 直径：5-25mm 边长：5-25mm



2) 激光净化滤光片

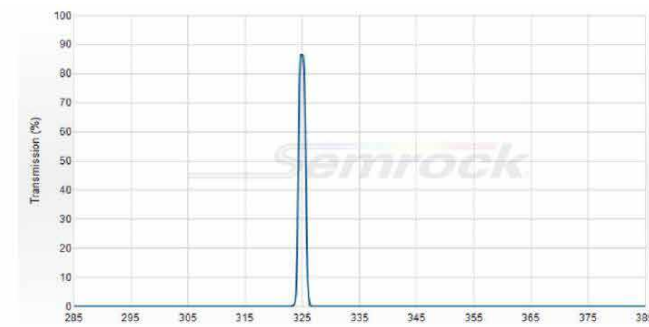
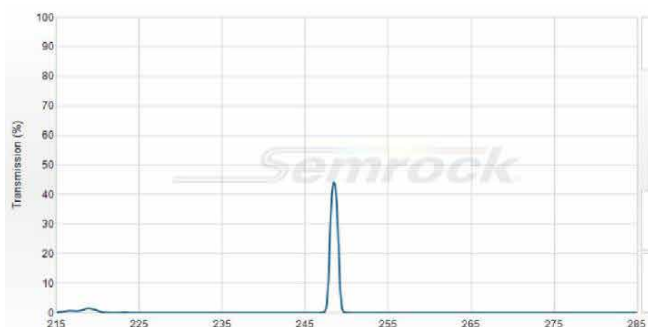
这一类滤光片具备很高的中心透过率，对于激光左右的一些杂散波长（如气体激光器的等离子线、半导体激光器的 ASE 等）有滤除作用。

- 专门针对激光应用的滤光片，分别对于 375nm、
- 405nm、435nm、439 nm、473 nm、640nm、785 nm、975 nm 的激光。带宽：6-10nm
- 标准尺寸：Φ12.5mmX3.5mm、Φ25mmX3.5mm 支持定制 5mm-32mm，尺寸误差 0.1mm



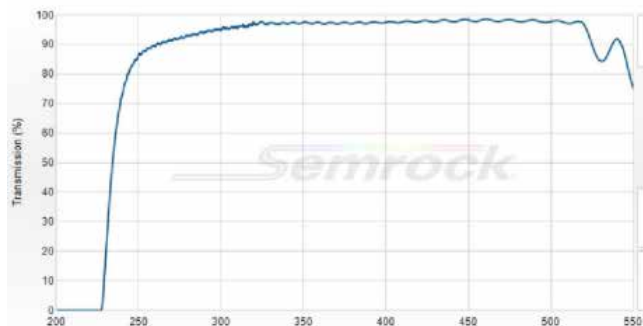
3) 窄带净化滤光片

- 波长 248nm-1075nm
- 通过率：40%-80% 不等
- FWHM：1.7nm-4.1nm(标准)，最大不超过 4nm
- 标准尺寸：Φ12.5mmX3.5mm、Φ25mmX3.5mm 支持定制 5mm-32mm，尺寸误差 0.1mm



4) 长通边沿滤光片

- 波长: 224nm-1580nm, 平均透过率: >90%
- 通过带宽: 200nm 左右
- 标准尺寸: $\Phi 25\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 支持定制: 5mm-50.8mm



5) 45°长通单边沿二向色镜

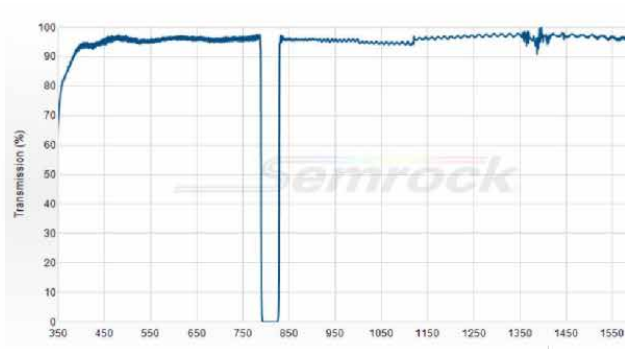
此类滤光片在荧光显微镜中大量使用, 用于分离激发光和荧光。

- 波长: 266nm-1064nm
- 平均透过率: >90%
- 标准尺寸: 25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm
- 支持定制: 5mm-50.8mm



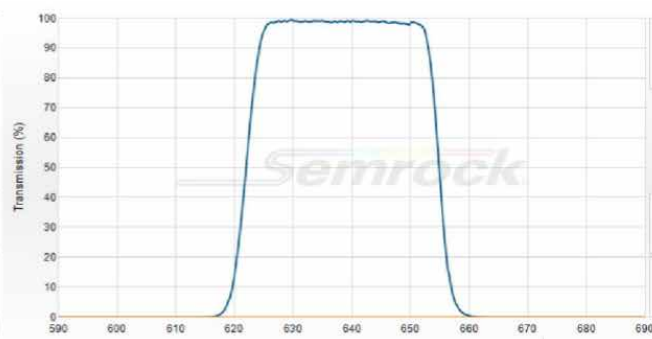
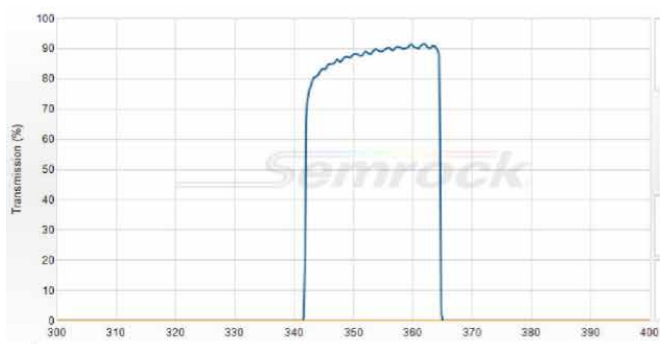
6) 单带陷波滤光片

- 适用波长: 405nm-808nm
- OD 带宽: 9nm-41nm 不等
- OD 值: >6.6
- 标准尺寸: $\Phi 25\text{mm} \times 3.5\text{mm}$
- 支持定制 5mm-32mm, 尺寸误差 0.1mm



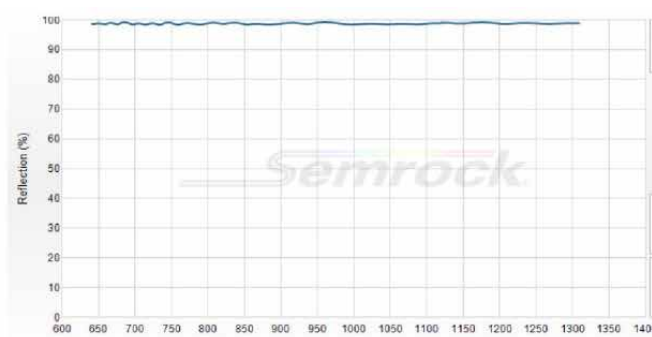
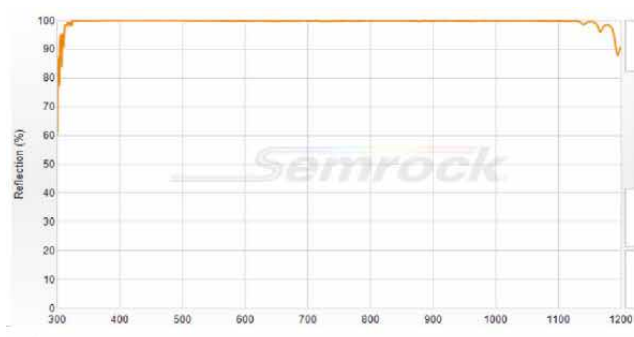
7) 偏振带通滤光片

- 波长: 353nm-1059nm, 平均透过率: >95%
- 通过带宽: 10nm-43nm 左右
- 偏振比: 1000000:1
- 标准尺寸: 25.2 mm x 35.6 mm x 2.0mm、 $\Phi 25\text{mm} \times 3.5\text{mm}$
- 支持定制: 5mm-25.4mm



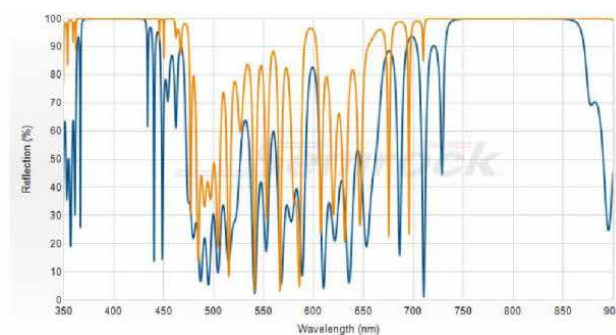
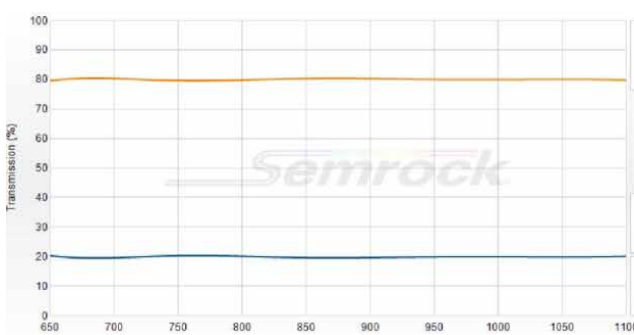
8) 宽带高反射镜

- 波长: 350nm-1300nm
- 反射率: >99%
- 入射角: 0° 到 50° 或 45°
- 标准尺寸: 25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm
- 支持定制: 5mm-50.8mm



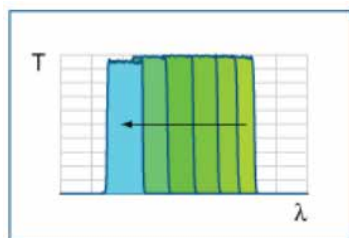
9) 低 GDD 反射镜 / 分光片

- 波长: 375nm-1100nm
- 反射 / 透射比 :50%-50%、30%-70% 等 $\text{GDD} = 0 \pm 10 \text{ fs}^2$
- 标准尺寸: $\Phi 25.4 \text{ mm} \times 3.0 \text{ mm}$ 不支持定制



2.5.2. 多带 / 多边滤光片

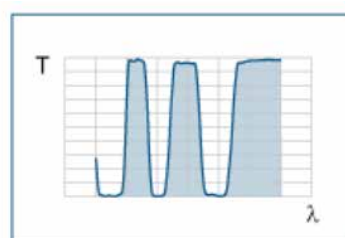
多带 / 多边滤光片具备多个透过 / 截止带或边沿，是一类特殊的滤光片。



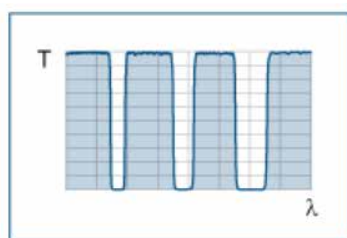
可调谐带通滤光片



多带带通滤光片



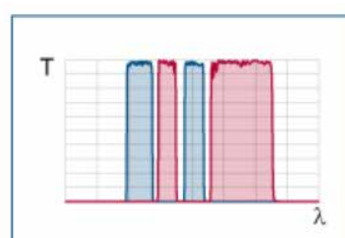
45° 多边沿二向色分束片



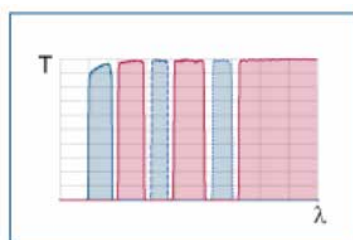
多带陷波滤光片



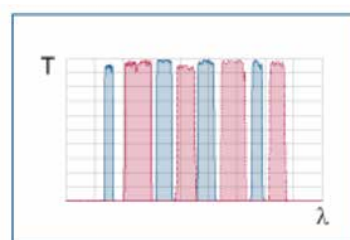
显微带通滤光片组



全多带滤光片组



Pinkle 多带滤光片组

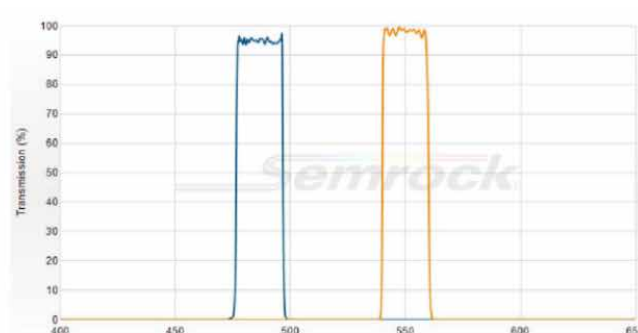
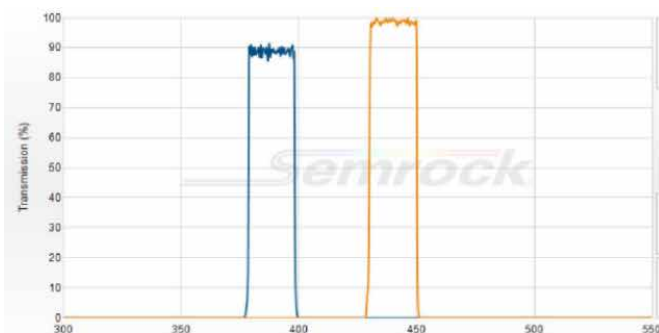


Sedat 多带滤光片组

1) 可调谐带通滤光片

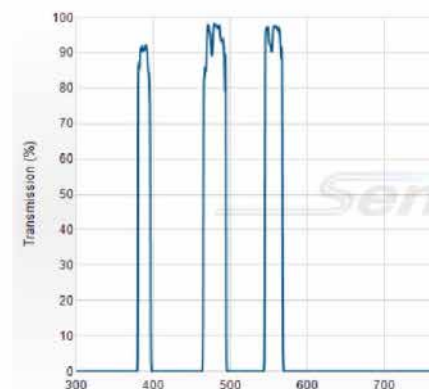
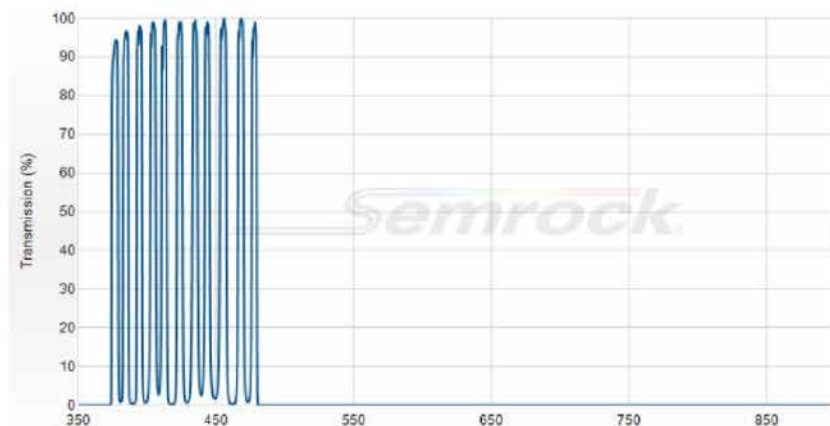
这一类滤光片通过旋转角度可以改变透过的中心波长，且能够在调谐中保持稳定的透过率和带宽。

- 波长：378nm-900nm
- 透过率：>70% 到 >90% 不等
- 出射角：0° 和 60° 带宽：15nm
- 标准尺寸：25.2 mm x 35.6 mm x 2.0 mm
- 支持定制：5mm-50.8mm



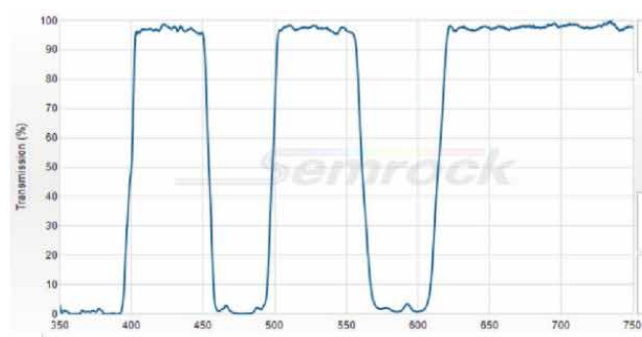
2) 5.13 多带通滤光片

- 提供双带通、三带通、多带通滤光片。
- 波长 376nm-1550nm
- 带宽 10nm、20nm、40nm 等 透过率 >90% 标准尺寸 25 mm x 5.0 mm
- 支持定制，尺寸 5mm - 50.8mm



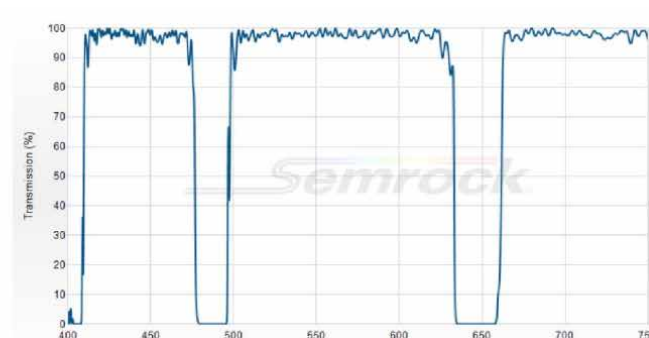
3) 45°多边沿二向色分光镜

- 提供双带通、三带通、多带通滤光片。
- 波长 395nm-659nm
- 带宽 9nm-40nm 不等 透过率 >90%
- 标准尺寸 25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm ; 22.0 mm x 29.0 mm x 1.1 mm
- 支持定制，直径 5mm - 50.8mm 矩形 5mm-55mm



4) 多带陷波滤光片

- 提供双带通、三带通、多带通滤光片。
- 波长 229nm-1064nm
- 根据具体型号确定，透过率 >90%
- 标准尺寸 25 mm x 3.5 mm
- 支持定制，直径 5mm - 50.8mm 矩形 5mm-50.8mm



5) BrightLine® 单波段滤光片组

Semrock 提供的紫外荧光滤光片，具有高透射率，边缘陡度和阻挡作用，与高性能可见滤光片相媲美。

该组中的滤光片是芳香族氨基酸（如色氨酸）和其他紫外线激发荧光物种成像固有荧光的理想选择，对近红外光不敏感。

- 标准尺寸：Φ25 mm x 5.0 mm、Φ25 mm x 3.5 mm、25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm



6) BrightLine® 多波段滤光片组

针对采用基于 LED 的光源，DAPI，FITC，TRITC 和 Cy5 等优化的荧光团显微成像的滤光片组合。

- 标准尺寸：Φ25 mm x 5.0 mm、Φ25 mm x 3.5 mm、25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm



7) Pinkel 多频段滤光片组

该滤光片是对用蓝色，绿色和红色荧光蛋白（特别是 BFP，GFP 和 HcRed）进行三重标记的样品进行成像的理想选择。对于蓝色通道中的 DAPI（或 Hoechst）染色剂，以及其他绿色或红色荧光团，如绿色和红色通道中的 FITC 或德克萨斯红色样品也非常适用。

- 标准尺寸：Φ25 mm x 5.0 mm、Φ25 mm x 3.5 mm、25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm



8) BrightLine®Sedat 滤光片组

该 9 滤光片组合“Sedat”四频段专为 DAPI，FITC，TRITC 和 Cy5 的高速成像而设计。

完整的组合包括一个具有四个单频带发射器的四频分束器，其将安装在滤光轮中，并且可以安装在 LED 光引擎中或安装在滤光轮中的四个单频激励器

- 标准尺寸：Φ25 mm x 5.0 mm、Φ25 mm x 3.5 mm、25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm



2.6. Andover 滤光片

Andover 成立于 1976 年，主要设计和制造高品质的滤光片和镀膜。公司位于 Salem NH, 占地约 17 公顷。

Andover 拥有定制的、最先进的设备，包括自动化镀膜，玻璃抛光和制造设备。具备全方位的测试能力功能广泛，包括用于宽带光谱测量的自动分光光度计和用于窄带测量的超高分辨率分光光度计。光学测量实验室有计算机控制的可调谐干涉仪，用于传统激光干涉仪无法实现的波前测量。

Andover 为各种应用制造滤光器和涂层，包括：医疗仪器仪表、荧光研究、机器视觉、农业成像、地面和天文观测、电信、监视系统以及防御瞄准系统



2.6.1. 带通滤光片

Andover 提供不同类型的带通滤光片，包括标准带通滤光片、高透速率带通滤波片、定制带通滤光片、硬涂层窄带滤光片和硬涂层宽带滤光片。

波长范围从 194nm - 2400，覆盖范围从紫外到红外。

通过带宽从 1.5nm - 300nm，镜片标准尺寸 12.5mm、25mm 和 50mm。针对绝大多数激光波长、元素谱线有标准产品，也可根据客户的要求订制。

	标准带通滤光片	高透速率带通滤光片	半订制带通滤光片	硬膜窄带滤光片	硬膜宽带滤光片
膜层结构	软镀叠层	软镀叠层	软镀叠层	硬膜	硬膜
波长范围	194nm ~ 2400nm	435.8nm ~ 1550nm	214nm ~ 2400nm	334nm ~ 1550nm	345nm ~ 785nm
带宽	1nm ~ 100nm	10nm ~ 40nm	0.15nm ~ 80nm	10nm	80nm ~ 300nm
带外阻挡	OD4, UV-FIR	OD4, UV-800nm or 1000nm	OD4, UV-1000nm or UV-FIR	取决于波长	OD4, UV-1200nm
尺寸	12.5mm, 25mm and 50mm dia.	12.5mm, 25mm and 50mm dia.	12.5mm, 25mm and 50mm dia.	25mm dia.	12.5mm, 25mm and 50mm dia.

2.6.2. 红外滤光片



红外带通滤波片经常用于气体分析。Andover 提供常见气体波长的红外滤波片。

这些滤光片镀有坚固耐用的电介质涂层，可以承受与任何高质量光学元件相关的正常清洁和处理。

镜片标准尺寸 12.5mm、25mm 和 50mm。带通范围内标准通过率 90%，最低不少于 70%。

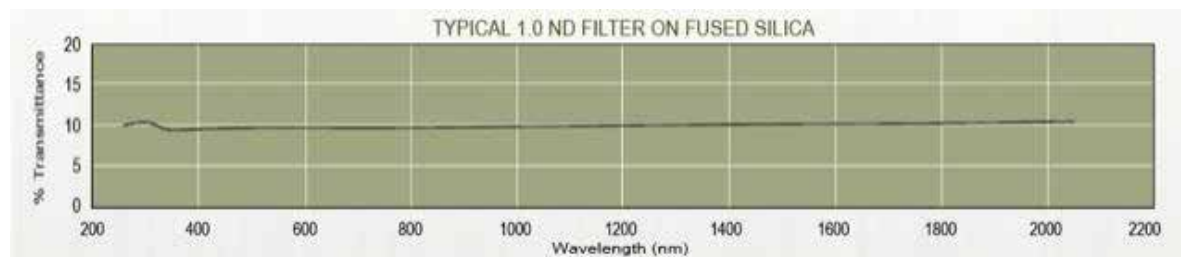
主要应用：FLIR 系统（Forward Looking Infra-Red）、红外安检系统和环境监测。

2.6.3. 中性密度滤光片

镀有金属涂层，工作波长从紫外到红外

标准尺寸为 12.5mm、25mm 和 50mm 通光率具体参见各个型号

主要用于宽带光谱的衰减器、作为光平衡应用的部分反射器和用作中性分束器



2.6.4. 二向色滤光片



二色性过滤器，既颜色分离过滤器。

用于需要隔离可见光谱的某些区域的各种应用中，也能应用在将光束分为两个或多个的光学系统中。

也用于彩色放大器和复印机作为光平衡滤片。波长范围 400nm-760nm。

标准尺寸 25mm、50mm 或 50mmX50mm。

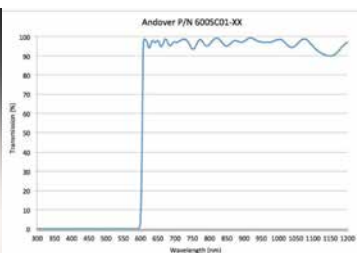
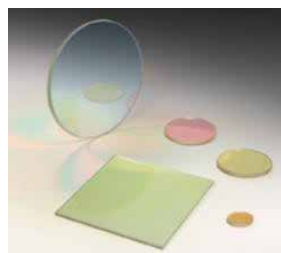
和容易褪色的有机染料或明胶类型涂料相比，

Adover 二向色滤光片中使用坚固、耐用的介电膜涂层，在长期使用后还能保持良好的性能。

使用温度范围：<200℃。

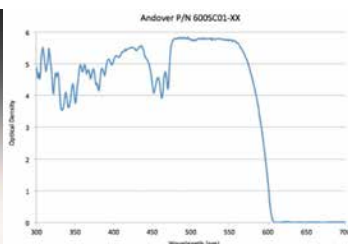
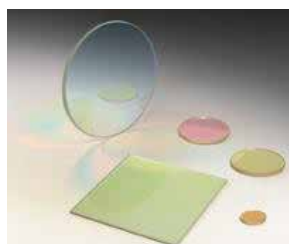
2.6.5. 边沿滤光片

1) 陡边沿滤光片



- 分为长通和短通滤光片；
- 在带通范围具有高通光率，带通外的波段通光率极低；
- 镜片材料为紫外熔融石英，耐高温；
- 尺寸 12.5mm、25mm、50mm 和 50mmX50mm；
- 厚度：1.5±0.25mm；
- 通光口径：≥ 95%；
- 温度范围：-50℃ ~+200℃；
- 带内透率：>90%；
- 带外抑制：OD >4.0。

2) 标准沿滤光片

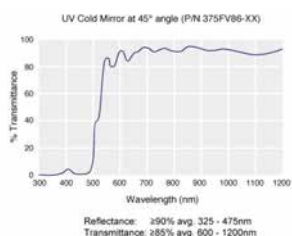


- 分为 LWP(long wave pass) 和 SWP(short wavepass)。
- 边缘透率差别极大，适用于荧光应用和光度测量。
- 通过干涉效应实现滤光，对入射角敏感，随着入射角的增加波长移动较短。
- 标准尺寸 25mm、50mm 或 50mmX50mm。截止范围 100nm-1000nm。
- 镜片材料：BK-7 表面质量：80-50
- 使用温度：-50℃ 到 +200℃
- 通过率：LWP 和 SWP 均为 85%

2.6.6. 温控用滤光片

此类滤光片主要为温控应用使用，能将不同波段的辐射分离。分为紫外冷镜、冷镜、热镜和红外抑制滤光片。

尺寸 25mm、50mm 和 50X50mm。



- 紫外冷镜：能有效反射紫外光，通过可见光和红外光。最大工作温度：200℃，入射角度 45°。
- 冷镜：反射可见光传播红外光，45° 入射，最大工作温度 200℃。
- 热镜：反射热量并传播可见光。最大工作温度：200℃，有 12.5mm 规格；
- 红外抑制滤光片：通热镜相似，最大特点是 有较长的红外波段阻挡范围。最大工作温度：100℃

2.6.7. 校准滤光片组



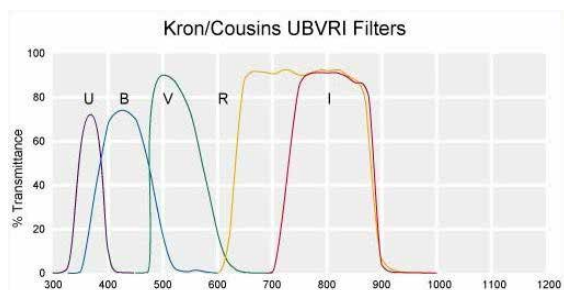
用作二次标准，用于验证可见光吸收光谱仪的透射率和吸光度。

Kron / Cousins UBVRi 过滤器：用于滤除和测量由天文物体发射的特定光谱带。有 Johnson/ Bessel 和 Kron/Cousins 两种类型，前者适用于光电倍增管，后者适用于硅 CCD；

AC-930 衰减片：三片衰减片透过率分别为 10%、20%、30%

AC-930 衰减片：三片衰减片透过率分别为 1%、3%、50%。

拥有校准证明。



2.6.8. 色玻璃滤光片：



由高品质滤光玻璃制成，双面抛光，覆盖波段从紫外到红外。

主要有三种类型：带通滤光片、热吸收滤光片和高通滤光片。

不能应用于高温或温度变化大的工作环境。

厚度：3mm ±0.5mm

表面质量：80/50 MIL-M-13508

最大工作温度：100℃

主要应用在：天文学、机器视觉、电子仪器仪表、医用设备、校准等。

2.6.9. 滤光片轮



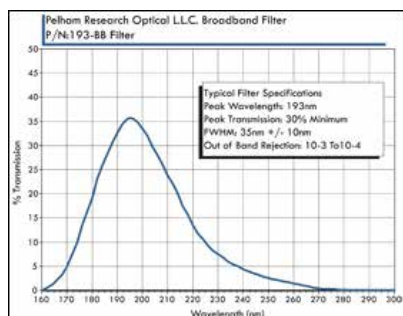
滤光片轮用于自动切换不同的滤光片。

可提供 6 位 25mm 口径滤光片轮及 12 位 12.5mm 滤光片轮，USB2.0 接口。

2.7. VUV/UV 光学元器件

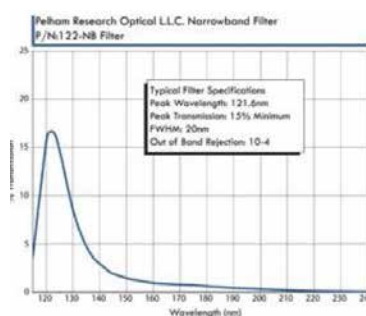
PRO (Pelham Research Optical LLC) 是高品质真空紫外 (VUV) 和紫外 (UV) 光学滤波片、镜片和镀膜制造商。PRO 在 VUV~UV 天文分析和应用的领域有 30 年的经验，参与了哈勃太空望远镜的 TRACE 项目、UVCS-SOHO 任务和 WFP II 宽域行星相机等多个项目的合作。

1) VUV / UV 宽带滤光片



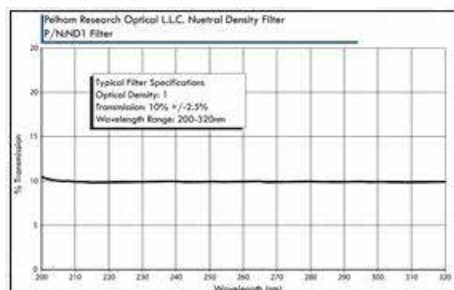
- 波长范围：130nm-320nm
- 带宽：35nm-50nm
- 最小透过率：30%
- 带外透过率： 10^{-3} - 10^{-4}
- 应用：天文学，生物技术仪器，元素分析，环境监测等。

2) VUV / UV 窄带滤光片



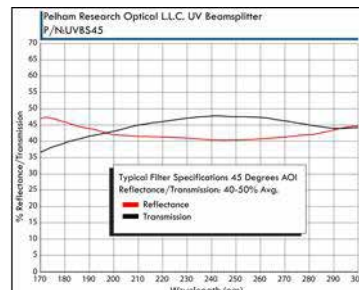
- 波长范围：120nm-320nm
- 带宽：约 20nm
- 最小透过率：15%
- 带外透过率： 10^{-4}
- 应用：天文学，生物技术仪器，元素分析，环境监测等。

3) 金属膜紫外中性密度滤光片



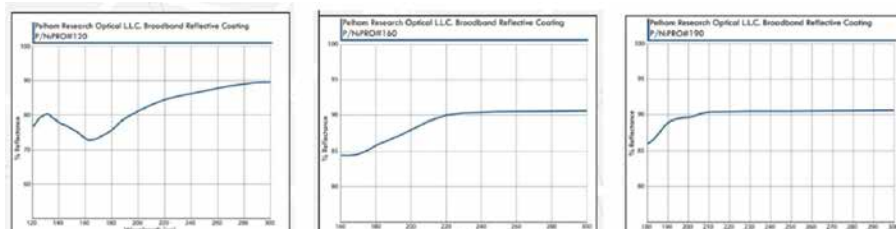
- 标准 OD 为 0.3 至 4.0。
- 均匀地衰减 200nm 到 320nm 的透射光的强度。
- 用于低功率应用，如显微镜和光学校准。

4) 紫外分光镜 (UVBS)



- 波长从 170nm 到 300nm
- 入射角 45 度
- 平均反射率和透射率为 40% 至 50%
- 金属涂层，适合低功率应用
- 通光孔径占尺寸 85%，表面质量 20-10。

5) VUV / UV 宽带金属涂层



Pelham Research Optical (PRO) VUV / UV 宽带镜面涂层设计用于在真空临界波长下提供良好的反射率。为了确保质量的一致性，每个涂层批次在 12 度入射角下测量反射率。可以根据客户提供的材料，以及图纸提供的构建打印完成。

VUV / UV 宽带镜面应用：分析学科，DUV 光谱仪，ICP 光谱，半导体计量学和天文学应用。

2.8. 杂散光吸收膜与镀层

ACKTAR 主要从事杂散光吸收膜的研发和工业化生产，具备业界领先的性能。ACKTAR 吸收膜采用真空沉积技术，生产过程及产品具备环境友好性，可替代污染、有毒的工艺。



EUV-UV-VIS-NIR



VIS-NIR-MIR-LWIR



LWIR

主要应用：

光学系统内表面抗散射；紫外 / 可见光 / 红外吸收带

高比率表面涂层，代替蚀刻，磨粒，阳极氧化等工艺；

冷屏和其它红外探测器部件；

发射器、黑体；

热控系统散热器；

热成像相机、夜视系统；

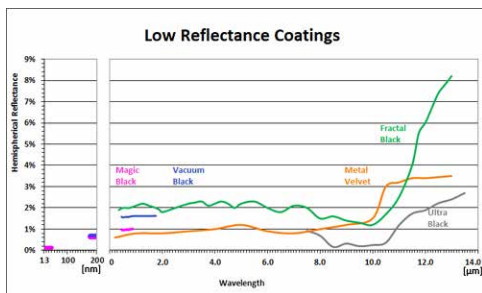
温度传感其辐射吸收层；

电子系统散热图层，大容量电容阳极和阴极箔；

光学实验真空腔体内涂层

Acktar 的高发射率 / 高吸收率黑色涂层，用于高性能光学中的杂散光抑制。具有非常低的反射率，高热稳定性，优异的粘合性。Acktar 涂层基本上适用于所有的工程材料：金属和合金，聚合物，硅，玻璃和陶瓷等。可用于紫外、可见光、近红外、短波红外、中波红外、长波红外波长范围，工作温度可从 -269°C ~ $+350^{\circ}\text{C}$ ，膜厚 $0.3\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$ 。

Acktar 吸光材料可制成吸收箔方便用户贴在器件表面，也接收用户的各型器件直接沉积镀膜。



1) 吸光箔



Acktar 涂料不仅可用于直接涂覆在部件上，还可以制成涂层箔，用于直接粘贴在用户光学器材的表面。这些箔片适合面积较大的应用，或有可能被沾污而需要定期清理 / 更换的场合。

主要特点与优势

- 外形柔软轻薄，易于处理和安装
- 适用于塑料和金属部件，支持自粘背胶
- 被动热控制
- 无微粒，真空 / 低温 / 洁净腔室兼容，可清洗
- 低温 ~ 350°C 适用

主要特点与优势

- 杂散光抑制 / 吸收
- 光学包装与封装
- 激光设备
- IR 光学系统

2) 孔径光阑



通光口径外对特定波段的光有极低的反射率。仅有数微米的超薄厚度，在边界保持完整锋利的边沿，不会有材料聚集。

3) 光束截止器



用于实验室场合减低环境杂散光。适用于连续和脉冲激光，功率可达 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 。

波长范围：EUV ~ VIS

反射系数： $<10^{-6}$

4) 杂散光吸收镜片



高吸收材质镜架装配的镜片 / 滤光片可杜绝光学元件周边产生的杂散光。涂层只有几微米厚，不会对机械尺寸产生影响；气密性非常好，在极端环境下不易起雾。

5) 比表面积吸光镀层

- Acktar 专有的真空沉积（真空镀膜）技术产生的涂层具有非常高的比表面积。主要特征：
- 定制涂层的受控形态，孔隙和化学成分
- 订制物理和光学性质。
- 工作温度： -196°C 至 $+450^{\circ}\text{C}$
- 对金属和非金属基材的粘合性上佳
- 优良的机械强度和耐磨性
- 完全生态友好，干燥过程和干燥材料无化学废物，无废水，无机且完全无毒
- 可选择导电 / 非导电
- 可选择亲水性或疏水性表面特性

2.9. 衍射光学元件

衍射光学元件（Diffractive Optical Elements, DOE）是新型的微纳光学器件，通常是在光学基底的表面通过光刻工艺制造的二维阵列排列或订制规律排列的、微米尺度的衍射单元。激光经过衍射光学元件后其波前位相被精密调控，从而实现在一定位置（通常是焦点）的特定强度分布、位相分布，并可实现纵向传播特性调控。

以色列 HOLO/OR 是全球著名的光学元器件生产厂商，成立于 1989 年，主要致力于研发、设计和生产各种光学衍射（Diffractive Optical Elements, DOEs）元件以及微光学元件，产品主要应用于高精度、高功率和系统集成领域。

主要产品：

- 光束整形器：平顶光束整形器、均质器、环形器、涡旋器；
- 激光分束器：一维 / 二维分束器、定制分束器、光束取样器、衍射光栅；
- 焦点整形器：多焦点透镜、焦斑延长器、双波长聚焦镜

主要应用：

- 医疗：激光止血、激光手术、激光祛斑、激光脱毛
- 工业：激光切割、激光焊接、激光钻孔、激光打标、激光显示
- 科研：涡旋光、超分辨显微

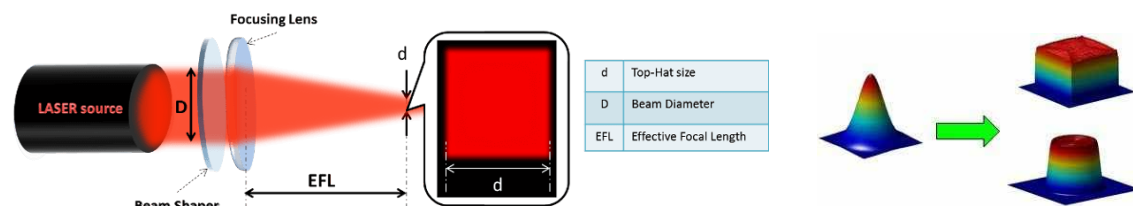
主要特点：

- 覆盖波长：193nm-10.6 μ m
- 主要材质：Fused Silica, ZnSe, Plastic
- 元件尺寸：几个毫米 -100mm
- 可承受较高激光功率
- 可定制

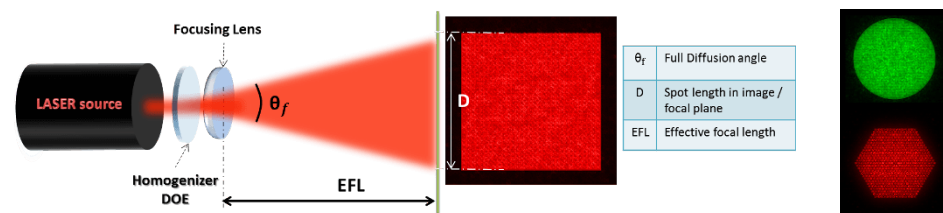
2.9.1. 光束整形器

束整形器系根据光衍射的原理，一方面可将激光整形为圆形、正方形、长方形、线性或者其它形状的平顶型光斑；一方面亦可将激光整形为单环、多环和涡旋形光斑；其中匀光器采用双面镀大功率抗反射膜层，可将准直光束整形为能量分布均匀的各种形状光斑。

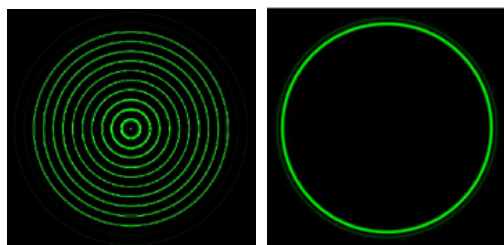
1) 平顶光束整形器（光源为类高斯激光）



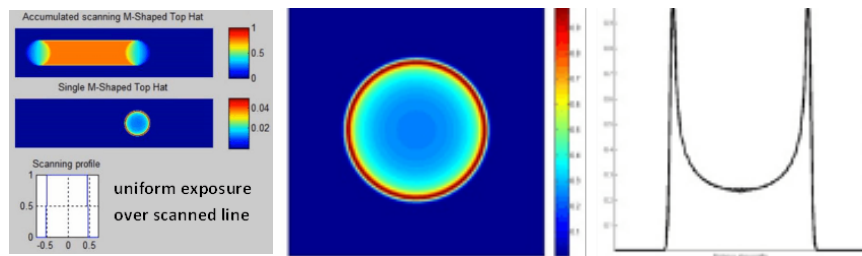
2) 均质器（光源为多模激光）



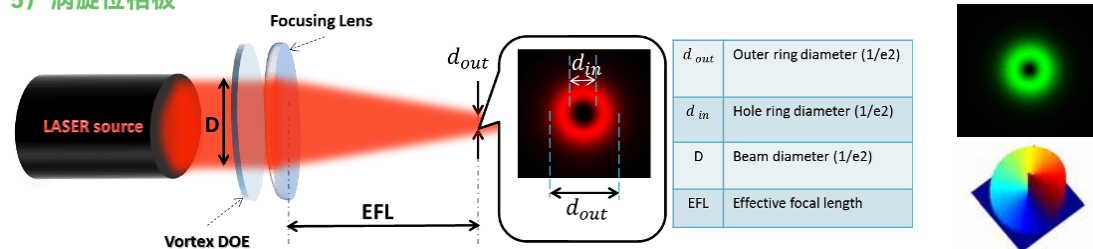
3) 环形器（1/2/12 环可选）



4) M 型光斑发生器



5) 涡旋位相板

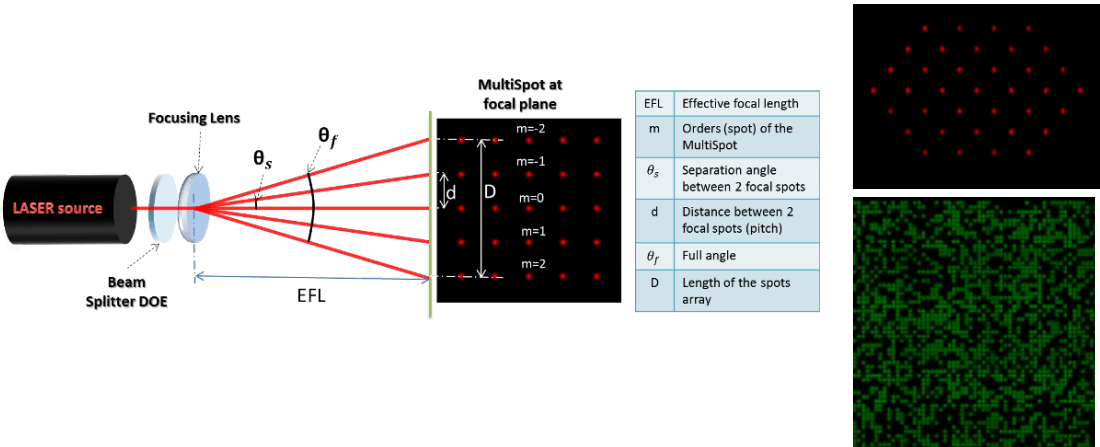


2.9.2. 分束器

激光分束器是用来将一束激光分为多束激光，分束后的多束激光除了功率以及传播方向和原始激光不一样之外，其余参数均和原始激光保持一致。激光分束器可产生一维（1×N）、二维（M×N）的分束光阵列，其中的二维光束阵列亦可有多种形状可选。光束取样器隶属激光分束器，是用来将较高功率的激光按照不同的功率比例分成一高一低两束激光，从而便于激光光束的分析。HOLO/OR 公司的衍射光栅为特殊的 Damman 透射式 50% 周期光栅。

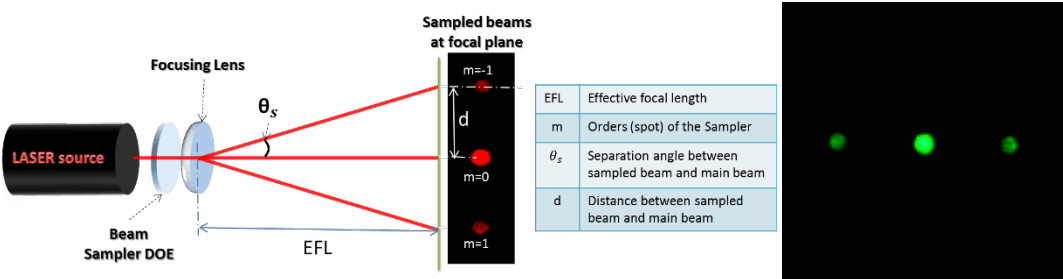
1) 激光分束器

激光分束器可产生多个等间距、等强度的激光光斑，可用于激光并行加工等应用。订制的激光分束器还能产生非常复杂的编码光强分布。

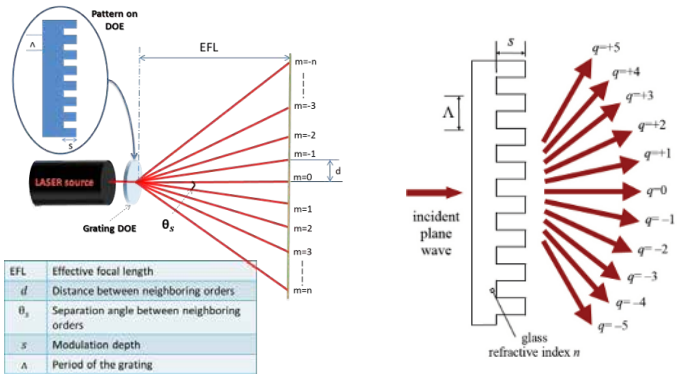


2) 光束取样器

光束取样器产生固定能量比率、相同光束特性的衍射光斑，可用于激光的实时测量。



3) 衍射光栅

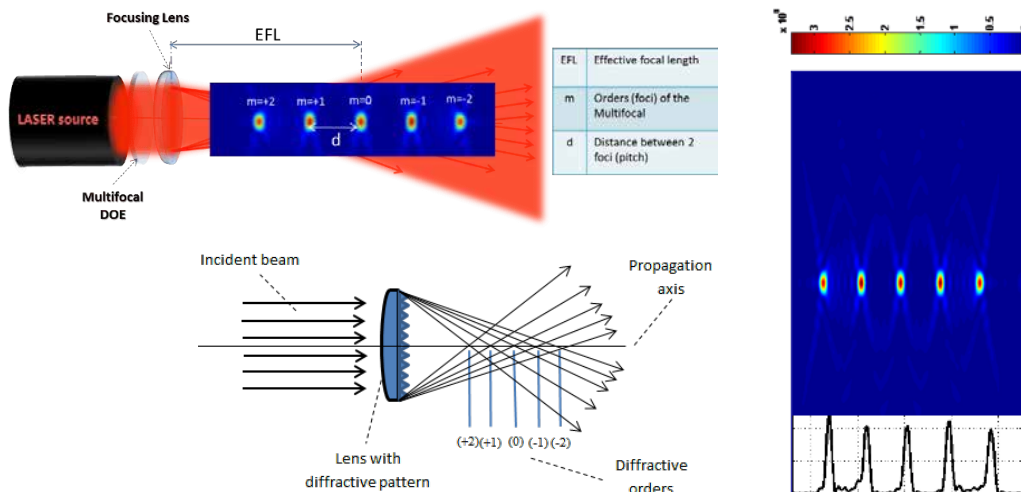


2.9.3. 焦点整形器

焦点整形器主要在焦点的纵向产生特定的结构，通常目的是增加激光与材料相互作用的深度，主要分为以下三种器件：

1) 多焦点整形器：

一束准直光束（单模或多模）入射到多焦点整形器上，沿着光轴方向，距离多焦点整形器不同的位置会产生一系列焦点光斑。

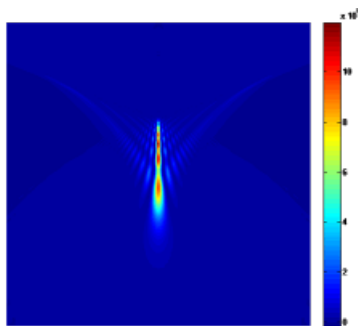


2) 焦点延长器（贝塞尔光束发生器）

HOLO/OR 公司的焦点延长器作为市面上最新的产品，可以在保持①焦点光斑横向宽度以及分辨率不变的条件下，获得②纵向更长的焦点光斑。

这一特点对于激光打孔或者焊接一些透明材料（玻璃、硅）、激光显微、光束分析、精确准直等应用，具有鲜明的优势特点。

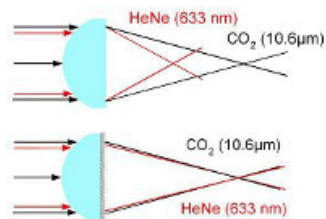
传统的光学元件（柱面镜、镜片等）无法同时得到①②两种效果，因为焦点横宽以及分辨率不变要求光学元件具有很高的数值孔径，但是焦点纵向延长又要求光学元件具有非常小的数值孔径。HOLO/OR 公司专利 Novel 技术则可以同时满足上述两项要求，得到①②两种效果。



3) 双波长聚焦镜（共聚焦）

在激光手术中，CO₂ 激光通常用作切割或止血，而一束氦氖激光用于指示。

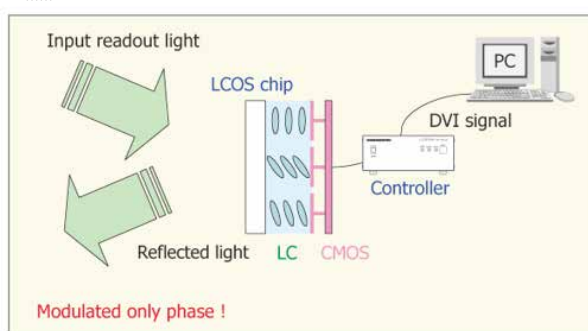
HOLO/OR 公司的双波长聚焦镜，可以将 CO₂ 激光以及合可见光两束激光同时聚焦到一个焦点位置，确保精确操作。



2.10. 液晶空间光调制器

液晶空间光调制器 (LCOS SLM, Spatial Light Modulator with Liquid Crystal on Silicon) 采用 LCOS 工艺, 通过电压驱动改变每个像素内液晶的取向来实现对反射光的像素级位相调控。液晶空间光调制器能够以高空间分辨率 (可达 WUXGA1920×1200 或 Full HD 1920×1024) 精细控制波前位相, 从而达到完全控制光束传输特性、获取所需要的任意位相和强度分布的能力。液晶空间光调制器彻底改变了光学和激光应用的光场调控能力, 其应用包括:

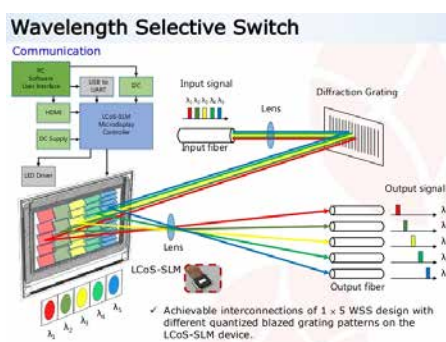
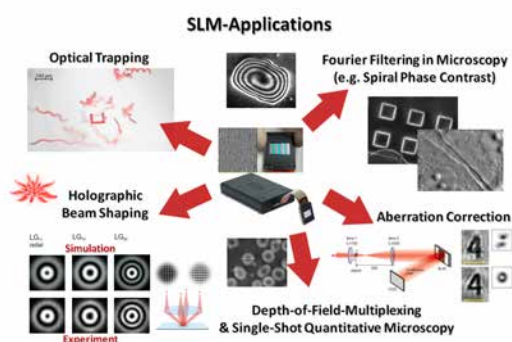
- 特定形貌光束产生 (显微、加工)
- 光镊与粒子陷俘
- 固态激光分束器、固态激光扫描头
- 全息干涉
- 波前矫正与自适应光学
- 相衬成像
- 飞秒激光频谱整形与位相调控
- 可变光栅, 可变滤波器
- 3D 投影, AR 显示, 激光显示
-



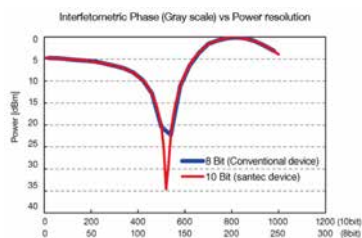
液晶空间光调制器工作示意



液晶空间光调制器的制备 (左)、检验 (中)、成品 (右)



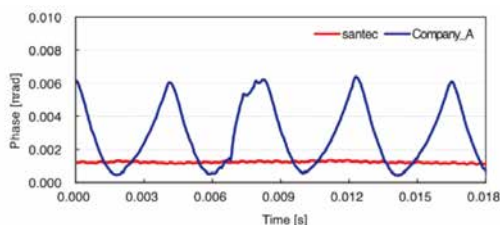
部分应用示例



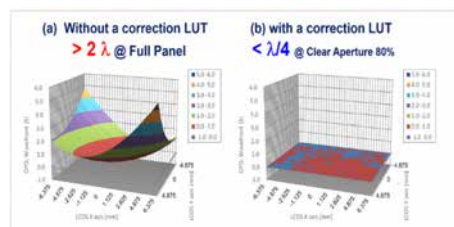
基于丰富的光学、微电子、半导体制程经验，Santec 研发的 LCOS SLM 带来一系列突破性的特性：

- 高空间分辨率：可达 1920×1024 或 1920×1200 分辨率
- 高位相分辨率：位相控制动态范围可达 10bit ($1,024:1$)，生成更加精细、平滑的位相分布：

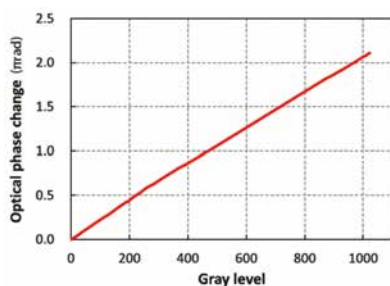
- $\sim 0.002 \pi$ 超低位相噪声，确保使用稳定性



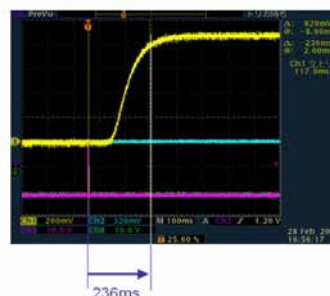
- 非常平整的初始位相差（通过 LUT 静态矫正）



- 高线性



- 快速响应：236ms 完成位相调节



- 便利的控制功能，支持灰度 bmp 控制、数据表格控制，支持目标模式直接控制：



SANTEC 提供三款型号的 SLM：高分辨率 SLM-200，紫外增强型 SLM-250，高功率型 SLM-300。每种型号都提供 OEM 式与一体式两种封装：



2.10.1. SLM-200

SLM-200 为通用型高分辨率空间光调制器。

技术指标：

主要特点：

- 高分辨率：1920×1200 或 1920×1080
- 60Hz/ 120Hz 帧率
- 记忆功能
- 触发输入 / 输出

主要应用

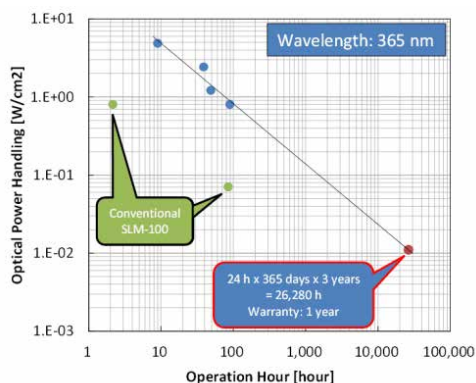
- 光束指向调节
- 波前矫正
- 脉冲或光斑成型
- 衍射光学
- 光学操控（光镊、粒子陷俘）
- 可编程位相模式

项目	参数	单位	说明
波长范围	450 ~1600	nm	参照 AR 镀膜选项表有效面积
面板尺寸	15.36 × 9.60	mm	
分辨率	1920×1200	像素	
像素尺寸 / 间距	7.8/ 8.0	μm	
反射率	>90	%	取决于波长范围
占空比	95	%	
灰度级	10	bit	1024:1
帧率	60 或 120	Hz	出厂设定
LCOS 驱动频率	1200	Hz	
相位深度	2 π	rad	
位相稳定性	<0.001 π	rad	典型值
介面	DVI/ USB3.0		
光功率	10W/cm ²	W/cm ²	@1550nm, cw, 2.0mm 光束直径

项目	参数						
代号	-01	-02	-03	-04	-12	-14	-21
增透膜范围 nm	450-550	750-850	1000-1100	1500-1600	400-700	450-550 / 1500-1600	450 -1600
增透膜反射率 (%)			< 0.5		< 1.5	< 0.6	< 2.5

2.10.2.SLM-250

SLM-250 是 SANTEC 独特的 UV 增强的产品，采用全新的液晶和介质膜工艺，在 10mW/cm² 紫外辐照下可以长期使用。



SLM-200 在 365nm 紫外光辐照下的寿命测试

项目	参数	单位	说明
波长范围	365 ~ 550	nm	镀 AR 膜
面板尺寸	15.36 × 9.60	mm	有效面积
分辨率	1920×1200	像素	
像素尺寸 / 间距	7.8/ 8.0	μm	
AR 膜反射率	<0.7	%	0 度入射
面板反射率	>70	%	典型值
占空比	95	%	
灰度级	10	bit	1024:1
帧率	60 或 120	Hz	出厂设定
LCOS 驱动频率	1200	Hz	
相位深度	2 π	rad	
位相稳定性	<0.003 π	rad	典型值
介面	DVI/ USB3.0		
可接受光功率	40 10.0	MW/cm ² mW/cm ²	355nm 峰值功率, 260ps/ 100Hz 365nm, 连续, 24h/day

2.10.3. SLM-300 高功率空间光调制器

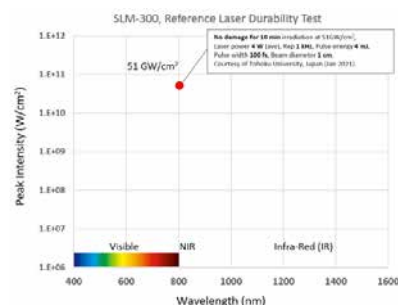
SLM-300 为高功率型号，创下了承受 200W 高功率激光的纪录，比 SLM-200 高 100 倍。

主要特点：

- 高承受功率
- 10 bit (1024:1) 灰度级
- 超低位相噪声 ~ 0.003 π

主要应用：

- 工业加工与处理
- 3D 打印
- IC 修裁



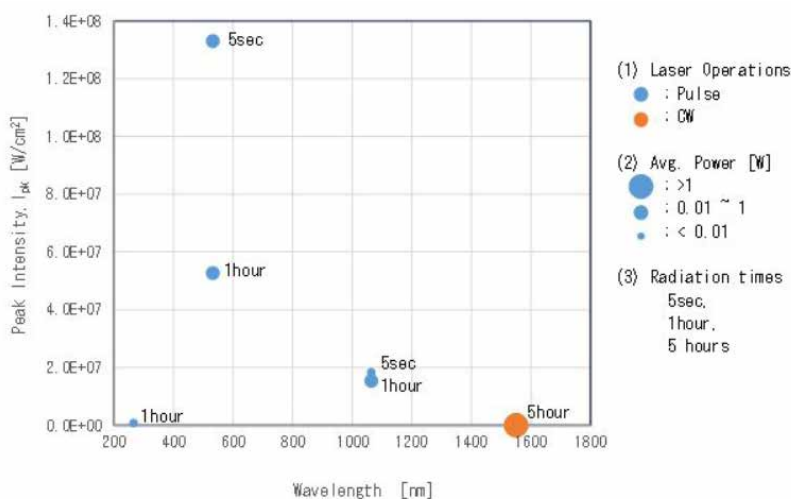
SLM-300 损伤测试：4W/1kHz/100fs, 1cm 飞秒激光辐照 10 分钟无损伤

项目	参数	单位	说明
波长范围	532, 800, 1064	nm	镀 AR 膜
面板尺寸	15.36 × 9.60	mm	有效面积
分辨率	1920×1200	像素	
像素尺寸 / 间距	7.8/ 8.0	μm	
面板反射率	>92	%	典型值
占空比	95	%	
灰度级	10	bit	1024:1
帧率	60 或 120	Hz	出厂设定
LCOS 驱动频率	1200	Hz	
相位深度	2 π	rad	
位相稳定性	<0.003 π	rad	典型值
介面	DVI/ USB3.0		
可接受光功率	200	W/cm ²	cw @ 1064nm
冷却水	1 ~ 2	L/min	Rc (PT) 3/8 inch female

2.10.4. 液晶空间光调制器应用示例

1) 功率耐受能力模拟

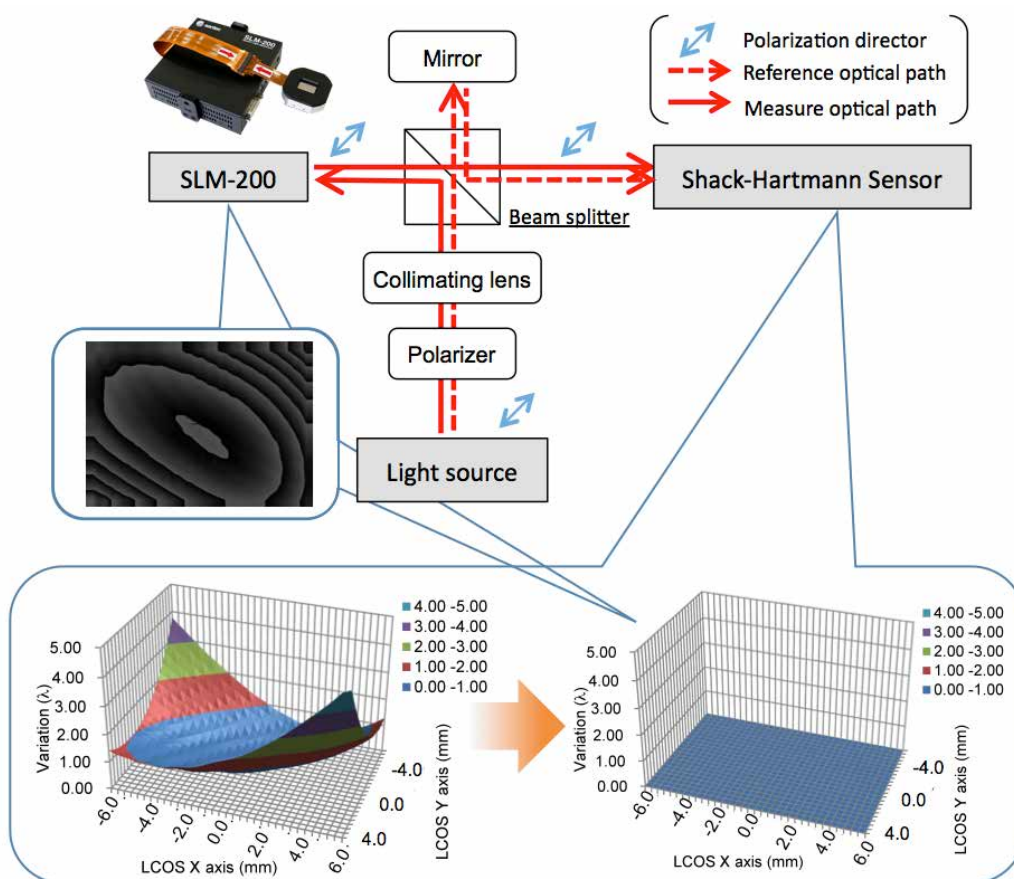
Santec 可根据您的应用场景，模拟 SLM 的功率耐受能力。



<Confirmed examples of high power resistance>

2) 波前矫正 (自适应光学)

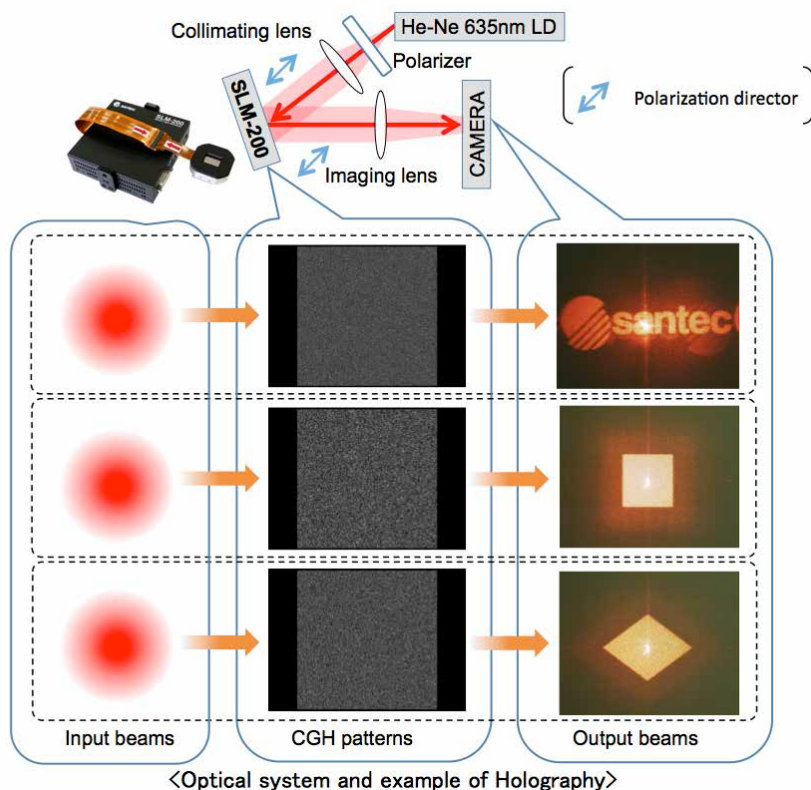
经过干涉仪实测，SLM 与 Shark-Hartmann Sensor 构成的自适应光学系统可达 $\lambda/40$ 的波前位相平整度。



<Optical system and example of wavefront correction>

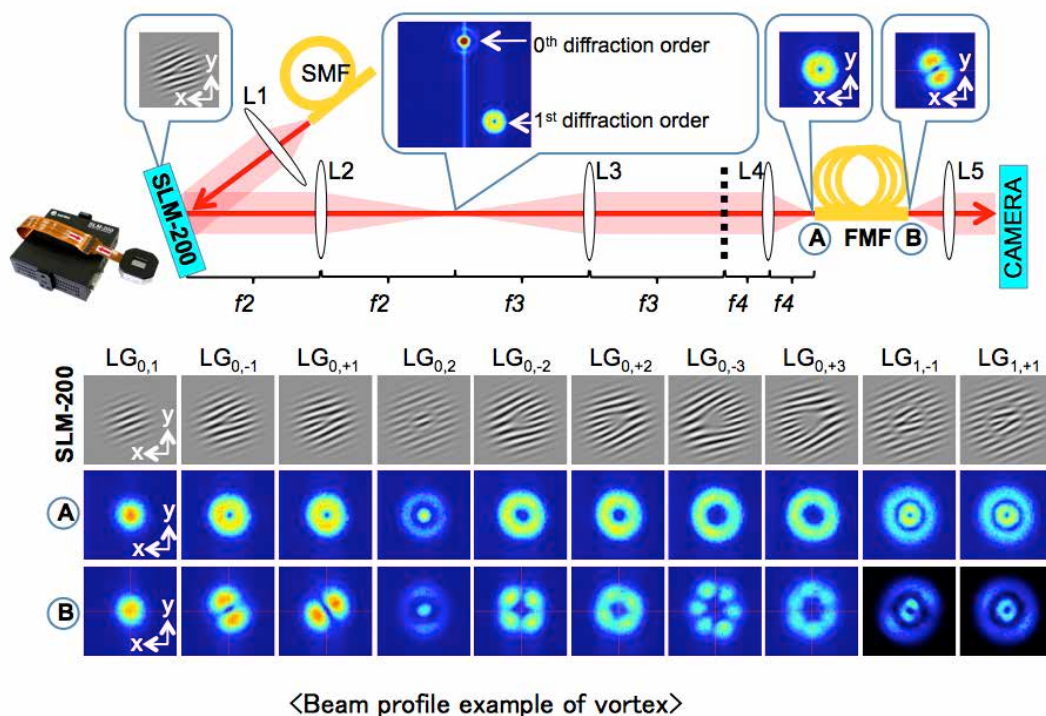
3) 全息

通过 Santec 图形化软件直接按照目标图像生成空间频率域分布图，写入 SLM 并在傅里叶面产生所需要的强度分布。



4) 涡旋光产生

SLM 可用于产生各种拓扑荷的涡旋光，用于光镊或者空分复用（Space Division Multiplexing, SDM）等应用。



3. 仪器设备

3.1. 飞秒激光微加工

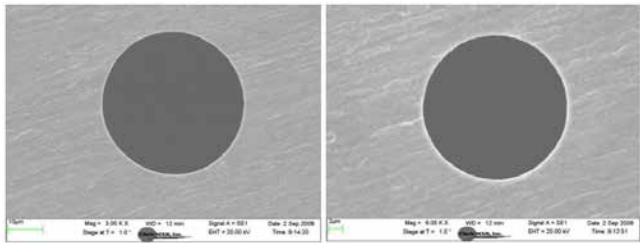
飞秒激光是微加工处理的理想方式之一。完全冷加工避免了热效应导致的加工缺陷或材料改性；多光子电离机制使其可以支持高加工精度（纳米尺度），并支持透明（低吸收）、硬脆、难熔介质加工；飞秒激光强电场在材料表面或内部诱导的规律结构则呈现特殊的光学、物理、化学特性，典型示例包括疏水结构、扩展吸收谱（如黑硅）、微纳石英波导等。

3.1.1.UMW 飞秒激光微加工系统

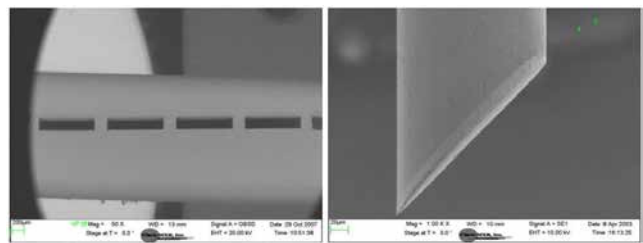
Clark-MXR 公司提供的商用飞秒激光微加工系统，它包括了用超短脉冲激光（钛宝石 CPA 放大器或 IMPULSE 光纤飞秒激光器）进行微加工所需的一切设备与配件，可用于微加工任何材料，生成亚微米精细结构，而不会对周边材料造成损害，不会造成材料飞溅，加工结果极其精确并具有高度可重复性。此系统包括标准 300mm×300mm×100mm 高精度运动平台，同轴影像观察系统和精确效果检测系统以及各种加工图形控制软件。



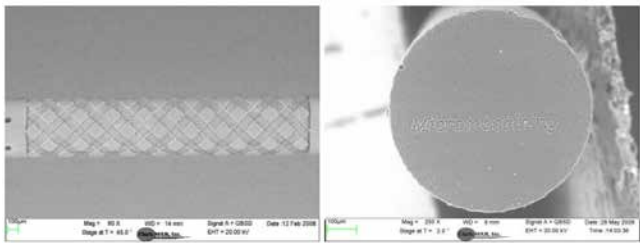
• 精密钻孔：



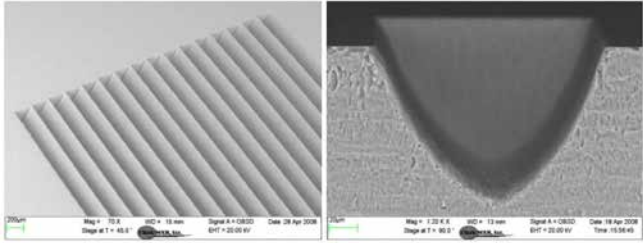
• 刻写：支持多种材料体系的刻写，包括晶体、金属、难溶硬材料等。切口宽度可低至微米以下。



• 表面改性：纳米尺度处理导致光学、化学、物理特性改变，如宽谱反射，低反射率，衍射表面，化学反应表面，高粘性表面等。



• 精密研磨：



3.1.2. Sabray 系列飞秒激光加工系统

1) Imperay 五轴双工位超快激光加工系统

ImpeRay 加工系统是一款大行程五轴激光加工系统，花岗石龙门框架结构设计可以保证系统优良的加工稳定性，所配置运动平台的高移动精度和大行程范围使得系统在大幅面超精细处理领域有着非凡的能力，双工位设计可满足更多加工需求。



功能特点

- 超大行程，超高精度
- 兼容多款超快激光器
- 双工位设计
- 兼容多种功能加工头

加工头选项

- 螺旋扫描加工头
- 扫描振镜加工头
- 长工作物镜

平台参数

	X 轴	Y 轴	Z 轴 (双)	A 轴	B 轴
行程	500mm	500mm	200mm	180°	360°
精度	±1μm	±1μm	±2μm	3 arc sec	6 arc sec
重复定位精度	±0.4μm	±0.4μm	±0.4μm	1 arc sec	3 arc sec
平台自重	108.6kg	62.2kg	5.2kg	17.8kg	4.3kg
最大速度	200mm/s	200mm/s	300mm/s	600rpm	600rpm
最大负载	150kg	150kg	18kg	100kg	10kg

激光参数

	钛宝石放大器	Yb 激光器	Nd:YVO4 激光器
脉冲宽度	≅ 120fs	<400fs	<15ps
平均功率	≥ 5W	up to 100W	≥ 20W
中心波长	790±10nm	343, 515, 1030nm	266, 355, 532, 1064nm
重复频率	up to 10kHz	up to 1MHz	up to 1Mhz
光斑模式	M ² ≤ 1.3	M ² ≤ 1.5	M ² ≤ 1.5

2) Sabray 飞秒微加工系统



功能特点

- 工业级稳定、长寿命飞秒激光系统
- 模块化设计的激光加工头
- 花岗石龙门结构，高加工可靠性和稳定性
- 高移动精度和大移动行程
- 扩展性强，可使用其它公司超快激光系统

应用领域

- 超快激光刻蚀
- 触摸屏玻璃和 ITO 切割
- 表面处理和表面 3D 结构制作
- 超精细钻孔和切割

Sabray 飞秒微加工系统属于超精细加工设备，主要基于 UpTek 公司的 Phidia 系列飞秒激光系统和 Spearay 系列激光加工模块组成，并配置了德国 Scoroff 高端机柜。整个系统结构紧凑，具有工业级高稳定性、高可靠性等特征。

Spearay 系列激光加工模块独特的花岗石龙门支架结构设计可以保证系统优良的加工稳定性。Spearay 所配置运动平台的高移动精度和大行程范围使得系统在大幅面超精细处理领域有着非凡的能力。

Phidia 飞秒激光系统可以输出高能量窄脉宽的飞秒脉冲激光，其脉冲宽度可窄至 120fs 到 40fs，输出能量可高达 0.1mJ 到 2mJ，从而确保 Sabray 系统可以有效处理几乎所有种类的材料。

加工系统参数

型号	方向	行程	精度	重复定位精度	分辨率	承载能力
Spearay-S	X	150mm	0.09%	$\pm 2.5\mu\text{m}$	-	205kg
	Y	150mm	0.09%	$\pm 2.5\mu\text{m}$		25kg
	Z	50mm	0.09%	$\pm 2.5\mu\text{m}$		10kg
Spearay-H	X	150mm	-	$\pm 0.1\mu\text{m}$	8.5nm	20kg
	Y	150mm		$\pm 0.1\mu\text{m}$	8.5nm	20kg
	Z	50mm		$\pm 0.1\mu\text{m}$	8.5nm	5kg
Spearay-U	X	160mm	$\pm 0.3\mu\text{m}$	$\pm 0.025\mu\text{m}$	1nm	12kg
	Y	160mm	$\pm 0.3\mu\text{m}$	$\pm 0.025\mu\text{m}$	1nm	12kg
	Z	50mm	$\pm 1.5\mu\text{m}$	$\pm 0.5\mu\text{m}$	100nm	2.5kg
Spearay-4 Axis	X	100mm	$\pm 0.5\mu\text{m}$	$\pm 0.3\mu\text{m}$	-	20kg
	Y	50mm	$\pm 0.5\mu\text{m}$	$\pm 0.3\mu\text{m}$		20kg
	Z	50mm	$\pm 0.5\mu\text{m}$	$\pm 0.3\mu\text{m}$		5kg
	Z	360°	0.06°	0.0035°		2.3kg
最大速度	200mm/s	200mm/s	300mm/s	600rpm		600rpm
最大负载	150kg	150kg	18kg	100kg		10kg

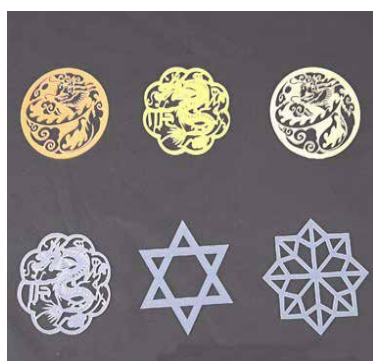
激光参数

	钛宝石放大器	Yb 激光器	Nd:YVO4 激光器
脉冲宽度	$\leq 120\text{fs}$	$< 400\text{fs}$	$< 15\text{ps}$
平均功率	$\geq 5\text{W}$	up to 100W	$\geq 20\text{W}$
中心波长	$790 \pm 10\text{nm}$	343, 515, 1030nm	266, 355, 532, 1064nm
重复频率	up to 10kHz	up to 1MHz	up to 1Mhz
光斑模式	$M^2 \leq 1.3$	$M^2 \leq 1.5$	$M^2 \leq 1.5$

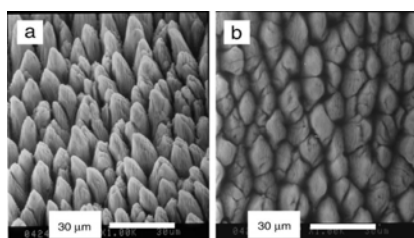
典型应用

• 超快激光刻蚀

Sabray 飞秒微加工系统配置 Scanlabs 大幅面高速扫描振镜可以用来进行超精细雕刻、刻蚀，也可在透明材料内部实现三维高精度内雕

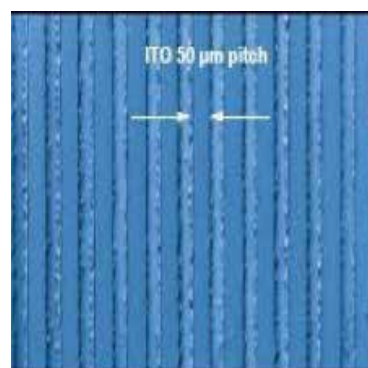


• 二维和三维表面微结构制作



• 高精度划线、切割

Sabray 飞秒微加工系统可以输出高峰值功率的飞秒脉冲激光，通过选用合适数值孔径的聚焦物镜可以对手机屏玻璃盖板、ITO 导电薄膜等材料实现高效、超精细划线和切割；



• 脆性易碎材料的切割、钻孔



利用 Sabray 飞秒微加工系统可以对碳化硅、陶瓷以及蓝宝石等脆性易碎材料进行超精细切割、钻孔。通过配置 Trepanning 加工头可实现高径深比的微孔制作。

3) Spearay-Bragg 布拉格光栅刻写系统

Spearay-Bragg 利用最先进的 光束整形技术, 在透明介质内部 诱导高折射率调制 (折射率变化 $\geq 0.45@$ 石英玻璃)、低散射 Bragg 点 (直径 $\leq 150\text{nm}$), 可 实现迄今为止最高对比度的 Bragg 波导和 Bragg 光栅光纤。

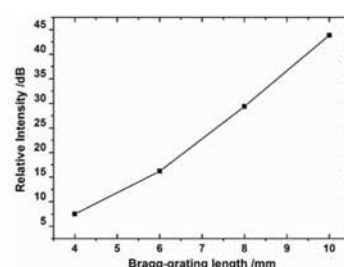
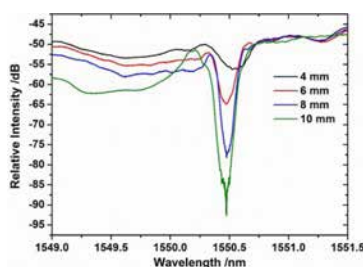
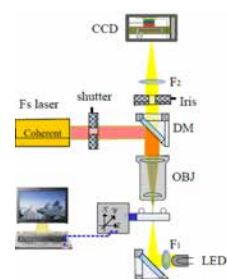


功能特点

- 兼容主流激光器
- 高稳定度, 高加工精度

主要应用

- FBG 刻写
- 波导 Bragg Grating 刻写
- 体布拉格光栅 (VBG) 制作
- 啁啾光纤光栅直写



4) 四轴飞秒激光直写系统

Spearay-4Axis 系统是针对管状材料精密切割设计的, 利用一维高精度旋转轴、二维扫描振 镜、三维 XYZ 精密定位系统, 结合超快激光微加工特点, 能够实现薄壁管材的精密切割、保持表面完整性的表面标刻、和功能性超表面处理。



主要应用

- 心血管支架加工
- 玻璃管等管状样品切割
- 柱状曲面加工

- 高数值孔径物镜 (适用于超精密切割、划线)

数值孔径 (NA)	放大倍数	分辨能力 (μm)	焦深 (μm)	工作距离 (mm)	焦距 (mm)
0.14	5	2	14	34	40
0.28	10	1	3.5	33.5	20
0.42	20	0.7	1.6	20	10
0.55	50	0.5	0.9	13	4
0.42	50	0.7	1.6	20.5	4
0.5	80	0.6	1.1	15	2.5
0.7	100	0.4	0.6	6	2
0.55	100	0.5	0.9	13	2
0.62	200	0.4	0.7	13	1

配置参数:

- 扫描振镜 (用于激光划切)

入光孔径	10 mm
标刻速度	3 m/s
定位速度	12 m/s
响应时间	0.35 ms
典型扫描幅面	110 $\times$ 110 mm ²
长时间工作漂移量	<100 μrad
温度漂移	<25 $\mu\text{rad}/\text{k}$

- Trepanning 加工头 (用于高精度钻孔)

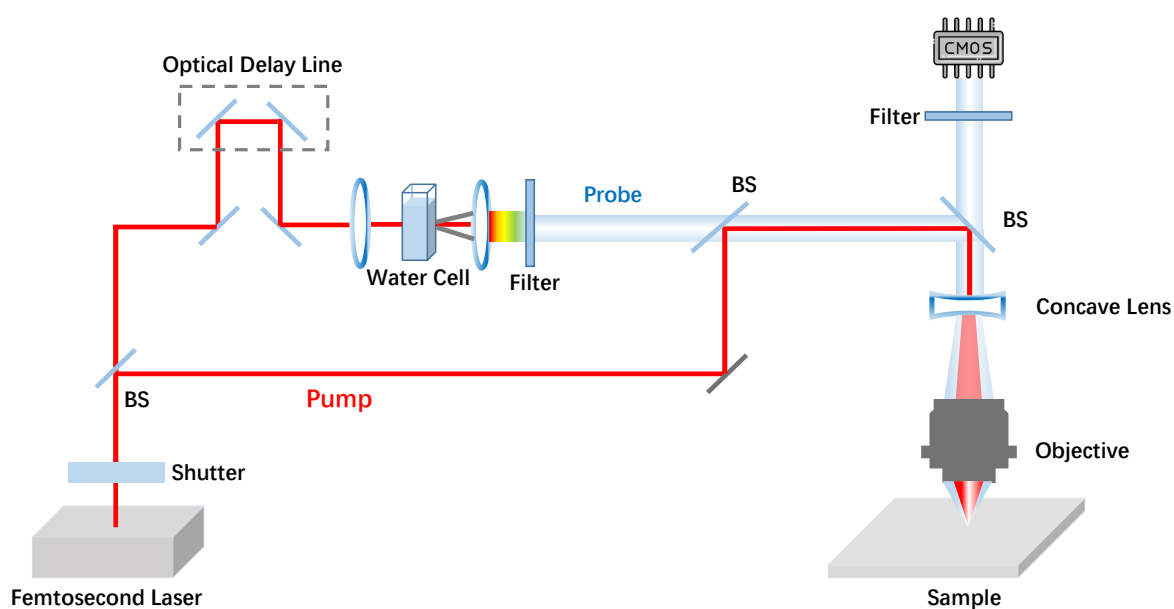
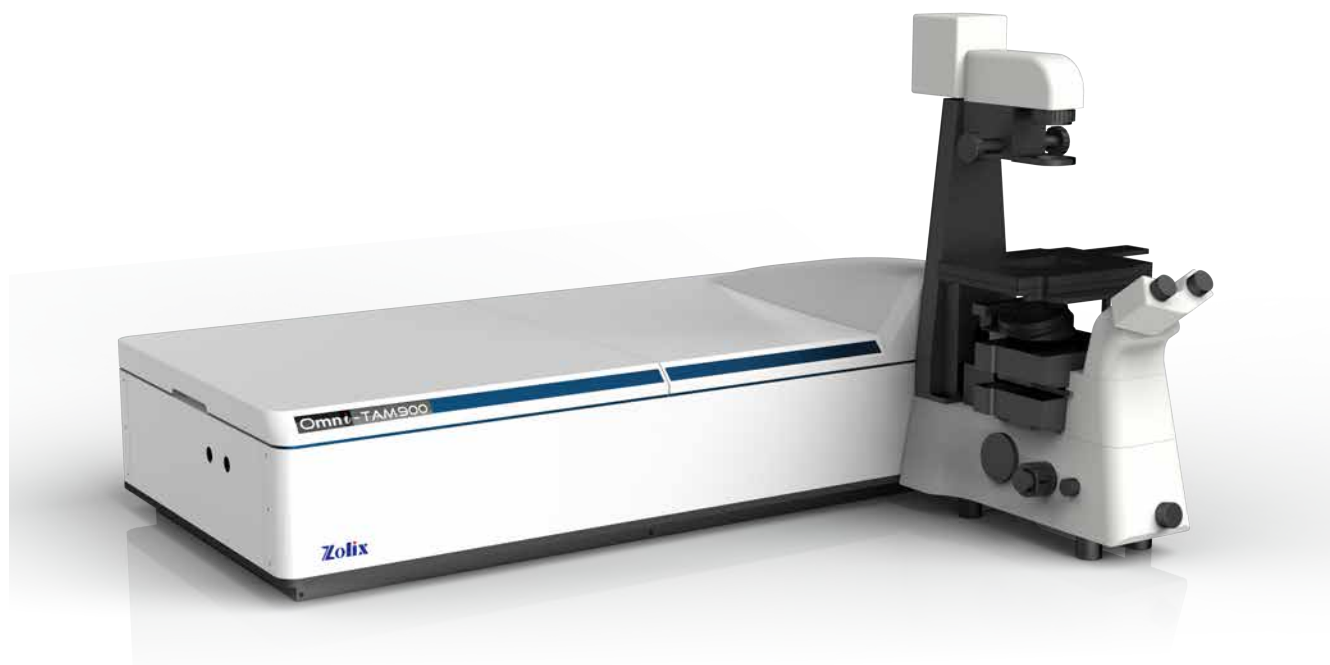
转速	3000 rpm
径深比	1:20
扩张比	1:2
典型锥度 ($f=100\text{ mm}$)	0~5°
可加工孔径	1~400 μm
钻孔精度	$\pm 1\text{ }\mu\text{m}$

3.2 超快激光瞬态光谱测试系统

3.2.1. 宽场瞬态吸收成像系统 TAM900- 看见载流子的运动

基于泵浦探测（Pump-Probe）原理的瞬态吸收光谱，在频率维度和时间维度上提供了丰富的光谱和动力学信息，过去的几十年应用于物理、化学、材料、能源、生物等广泛领域。当今，许多领域科学研究的范式和需求都在不断更新。尤其是随着钙钛矿光伏、二维材料、量子器件、高温超导等前沿领域的发展，科学家亟需在空间维度上揭示载流子等微观离子的迁移和演化规律，研究微纳米材料的物理态在空间分布上的异质性。瞬态吸收成像，可在空间和时间维度上研究微观粒子和能量的运动和演化，是研究微观粒子和能量的时空演化、阐释微观机制的重要工具。

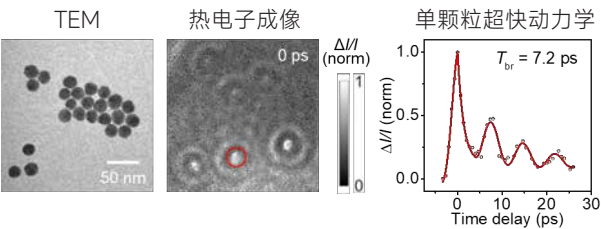
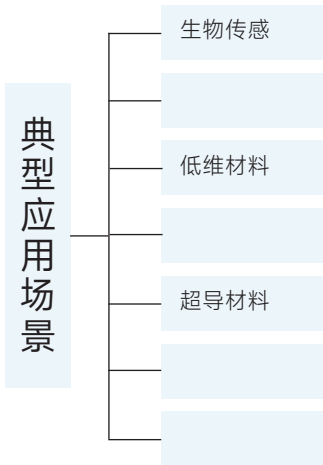
瞬态吸收成像，一般有两种实现方式，点扫描成像和宽场成像。相对点扫描成像，本设备宽场成像模式具有速度快、通量高，成像质量更加细腻的特点。



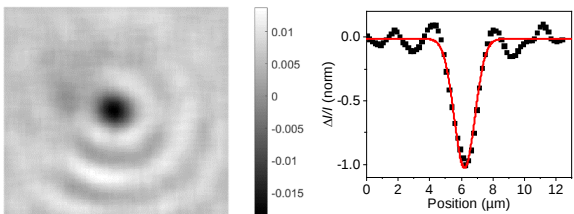
宽场瞬态吸收成像

仪器特点和创新

高灵敏、高通量，可测量到单个纳米颗粒、单层石墨烯乃至单层分子晶体的瞬态吸收信号。



单个金纳米颗粒的瞬态吸收成像

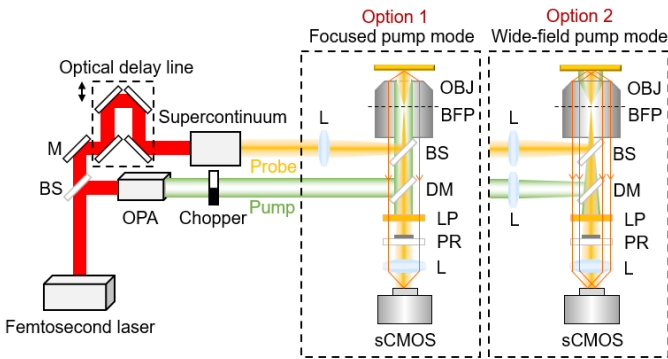


单层石墨烯上的载流子信号

仪器原理和实现方式

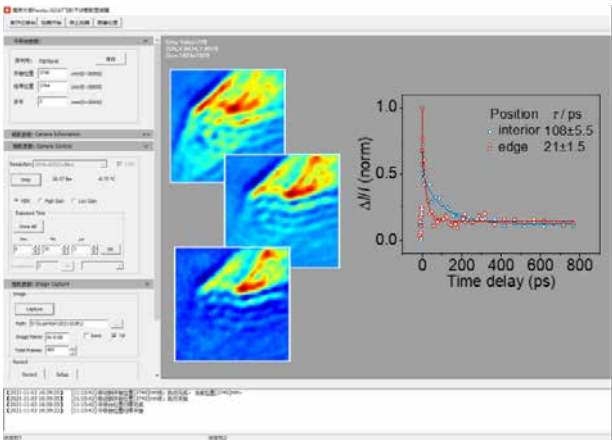
Omni-TAM900 宽场飞秒瞬态吸收成像系统原理如下图所示，经过飞秒激光器和光学参量放大器（OPA）之后出来的飞秒激光，通过显微镜的光学系统进入，并作为泵浦光源激发样品，而另一束经过空间调制的探测光在一定的时间延迟之后也经过显微系统到达样品，样品在激发态对探测光产生的吸收情况会被显微镜上的 sCMOS 相机记录下来。通过调节光学延迟线（Optical Delay Line），得到样品在不同延迟时间下的 sCMOS 图像。

Omni-TAM900 可以有两种成像模式（如下图所示）：聚焦泵浦模式（点泵浦，宽场探测）和宽场泵浦模式（宽场泵浦、宽场探测），前者主要用于研究载流子的迁移，后者用于检测载流子的空间分布状况。



软件

软件可进行同步采集，自动控制和处理，载流子的寿命、载流子的迁移速率、载流子的分布、动力学等信息均可通过软件得到。

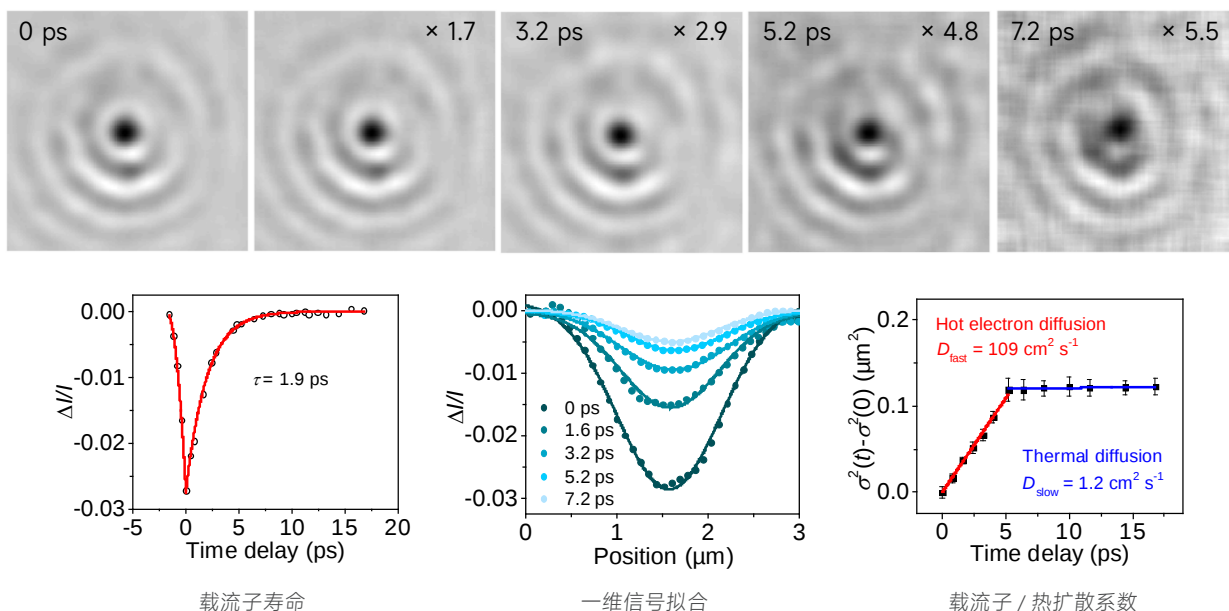


应用方向及实测数据

Omni-TAM900宽场飞秒瞬态吸收成像系统是测量载流子时空演化的强大工具，可广泛应用于物理、材料及器件的前沿研究，比如：太阳能电池、低维材料、量子器件、超导材料、新型半导体、纳米催化、生物传感等，对纳米尺度和飞秒时空尺度中的超快的物理、化学及生物过程进行监测。

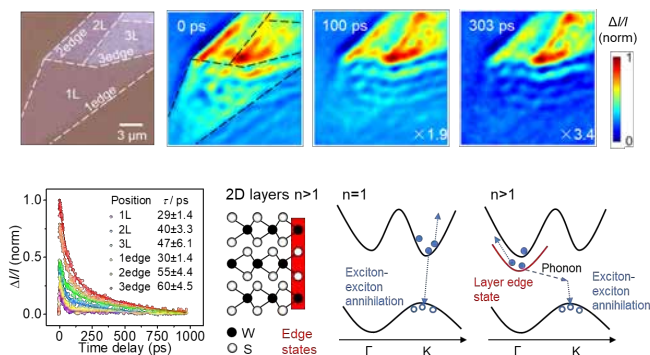
金属镀膜中的载流子迁移和热扩散

10 nm厚金属薄膜上的超快热载流子和热扩散，采用仪器的点激发，宽场探测模式。



新型二维材料中的边缘物理态研究

二维 WS₂ 中激子分布情况，激子寿命研究。可以看到，多层的边缘具有更高激子密度和更长激子寿命



技术参数

光源	飞秒激光 + OPA，激光波长范围取决于应用场景
检测器	sCMOS
成像空间分辨率	500 nm
载流子迁移定位精度	30nm
时间分辨率	500 fs (100 fs 激光脉冲条件下)
时间延迟线	0-4 ns/0-8 ns
显微镜模块	倒置显微镜，上方为开放空间，后期可兼容低温模块、探针台、电学调控、磁场等特殊实验场景。
测量模式	点泵浦 + 宽场探测（载流子迁移） 宽场泵浦 + 宽场探测（载流子分布）
仪器工作模式	反射 / 散射

您的应用

先锋科技一直以来致力于了解行业应用与行业发展最新前沿，深入与用户进行沟通，为您提供合适的产品和解决方案。

我们在此索引了一部分的应用及相关产品的列表，方便您能够快速检索。

我们深知我们对应用的了解远谈不上深入、全面、准确，因此任何时候都欢迎您联系我们，提出您的想法和需求；

希望在您的帮助下，这个索引能够越来越完整、准确。

感谢您过去、现在、将来对我们的支持！

行业	应用	产品类别
工业制造	激光器研发	激光功率能量测试
		激光 光束分析
		激光波前测试
		激光波长与光谱测试
		激光元器件
	激光加工	DOE 衍射光学元件
		在线高功率激光测量
		高功率激光聚焦测量
		微加工焦点测量
		超快激光及测试
		工业级高功率激光器
		超快激光加工系统
	工业在线检测	在线 3-D 形貌检测
	FBG 制备与测试	准分子激光器
		紫外、深紫外激光器
	激光安全防护	护目镜、防护玻璃、防护帘、防护墙
光通讯与传感	高精度波长与光频谱测试	波长计、频谱仪
	通讯器件 / 网络测试	可调谐光源
		多功能测试系统
		OTDR
		误码仪
	相干光通讯	可调谐光源
		波长计、频谱仪
	光纤传感	可调谐光源
		波长计、频谱仪
汽车与消费电子	镜头测试	传函测试仪
	虚拟现实与增强现实	传函测试仪、波前分析仪
	激光人眼安全测试	功率计
		波长计与光谱仪
		光斑分析仪
	平板显示修补	激光器

行业	应用	产品类别
环境与安全、健康与生命科学	光声光谱与成像	OPO 激光器
	超快显微学	超快激光器及测试设备
	光学相干层析	OCT 系统与部件
	大气环境激光雷达	纳秒脉冲激光器
	红外 TDLAS 气体检测	红外波长计
		红外 Cascade 激光器
		紫外脉冲激光器
	环境质谱	MALDI TOF 激光器
	无损检测	可调谐紫外脉冲激光器
太赫兹		
能源与动力	燃烧与流场诊断	PLIF 染料激光器
		PIV 激光器
		大能量脉冲激光器
科学研究	光镊与粒子陷阱	高稳连续激光器
		衍射光学元件
		空间光调制器
		窄线宽可调谐激光器
	冷原子研究	激光波长计
	精密测量	光梳及光梳用激光器
	大科学装置	飞秒激光时间分发
	强场与高能量密度物理	超快激光器
		光束整形
	微波光子学	超快激光微波源
	材料、化学、生物显微	荧光及拉曼激发激光器
DOE 及空间光调制器		
滤光片等光学元件		
干涉仪		
精密制造	大型光学系统研发	干涉仪、波前位相检测
	晶圆及集成电路检测	紫外激光器
		形貌检测
计量与检验检疫	激光器检验检疫	功率能量检测
		光斑检测
		光谱波长检测

先锋科技(香港)股份有限公司

Titan Electro-Optics(Hong Kong)Co., Ltd.

☎ 010 62634840 🌐 www.teo.com.cn

全国服务网络：北京 | 上海 | 深圳 | 成都 | 西安 | 长春 | 郑州 | 无锡



版权所有 翻版必究