

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

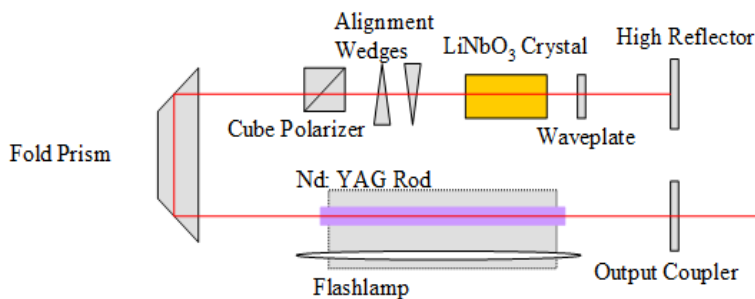
调 Q 激光器通过定时快速调节腔损耗来实现腔内能量累积与纳秒脉冲输出。调 Q 方式分为主动调 Q 与被动调 Q。主动调 Q 采用高速光开关来控制激光谐振腔的通断，其中电光调 Q 一般输出 5~10ns 的脉冲，重频不超过 kHz；声光调 Q 脉宽则稍大，约几十纳秒，重频可达百 kHz。主动调 Q 可通过接收外触发信号控制 Q 开关。被动调 Q 主要由可饱和吸收体控制腔开关，无法实现外触发同步。

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。

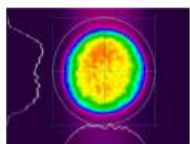
Merion C 为体积较为紧凑的型号，提供 Stable、GRM 两种腔型；Merion MW 为单脉冲能量更高的型号，提供 GRM 腔型。

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} 。

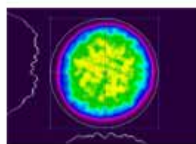
Merion C



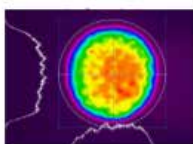
型号	MERION C-S4	MERION C-G4	Merion C-S5	Merion C -G5
重复频率 (Hz)	400	400	200	200
脉宽 (ns)	<10	<7	<10	<7
能量 (mJ)	1064nm	100	100	200
532nm	50	50	100	100
355nm	30	30	60	60
266nm	3.5	3.5	7	7
1540nm	On request	NA	On request	NA
光斑口径 mm	4	4	5.5	5.5
发散角 mrad	≤ 5	≤ 1	≤ 7	≤ 1



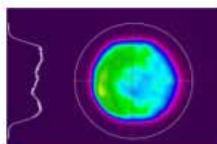
Merion C - S4
Near field @ 1064 nm



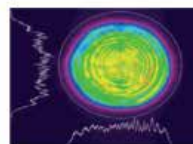
Merion C - S4
Near field @ 532 nm



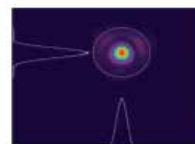
Merion C - S4
Near field @ 355 nm



Merion C - S4
Near field @ 266 nm

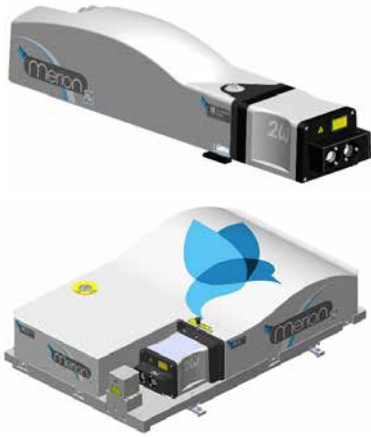


Merion C - G5
Near field @ 1064 nm



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。

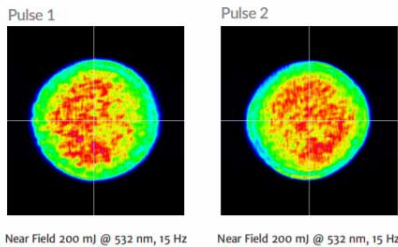
Quantel 提供一体双头式双脉冲调 Q 激光器 Evergreen 系列，以及更高能量的组合式双脉冲激光器 QSmart TWINS。Evergreen 主要输出 532nm 波长，具备较好的近场光斑均匀性，适合成像；QSmart TWINS 则为两台 QSmart 的组合，发散角较小，更适合聚焦使用。同时，Evergreen 采用一体式倍频单元，而 QSmart TWINS 采用模块式倍频，可切换多个波长输出。

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，如导电层的织构化和玻璃切割
- 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



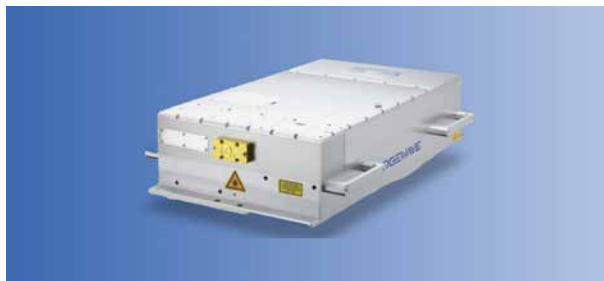
型号	BXxx-1	BXxx-2
波长	IR	Green
M ²	1.1	1.1
最大平均功率	80W	40W
最大重复频率	100kHz	100kHz
最大脉冲能量	7mJ	3mJ
脉宽	6ns	5ns
能量稳定性	1%	2%
指向稳定性	<50urad	<50urad

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

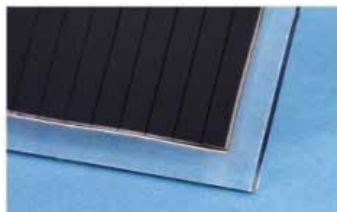


型号	FXxxx-1	FXxxx-2	FXxxx-3	FXxxx-4
波长	IR	Green	UV	DUV
M ²	1.1	1.1	1.1	1.1
最大平均功率	400W	200W	90W	15W
最大重复频率	50MHz	50MHz	50MHz	50MHz
最大脉冲能量	2000μJ	900μJ	400μJ	200μJ
脉宽	400fs	300fs	300fs	300fs
能量稳定性	1%	2%	2%	3%
指向稳定性	<50urad	<50urad	<50urad	<50urad

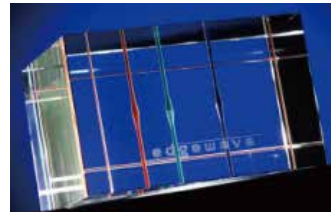
应用示例



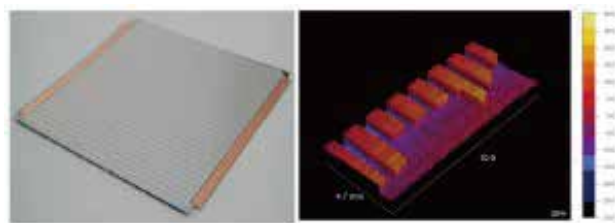
薄膜太阳能电池的结构化



太阳能电池清边



玻璃钻孔



体硅太阳能硅片的结构化



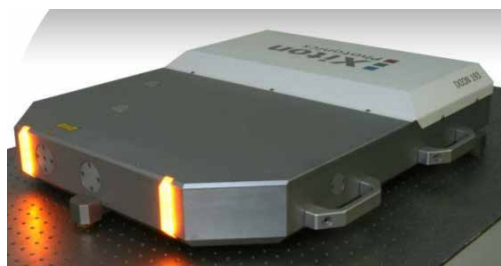
玻璃切割

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



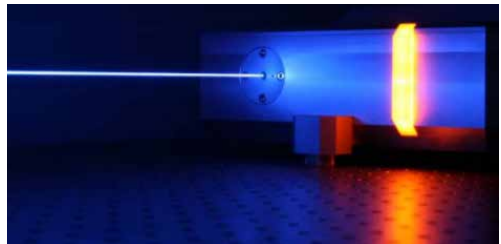
IXION 193 为全固化单频激光器，其线宽达到变换极限，可用于光学计量、193nm 步进光学系统校准、高功率准分子激光器种子等。

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



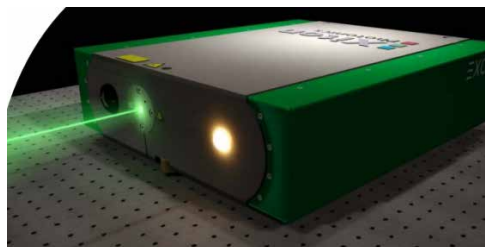
SLM 系列提供 1064nm、532nm、355nm、266nm、213nm 等多个波长的单纵模、窄线宽纳秒激光输出。

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

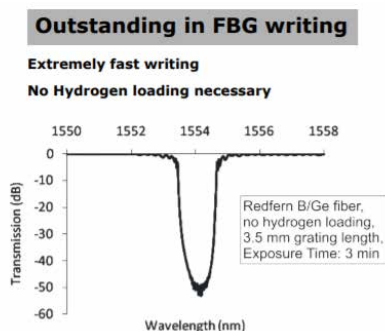
典型应用：

- 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。

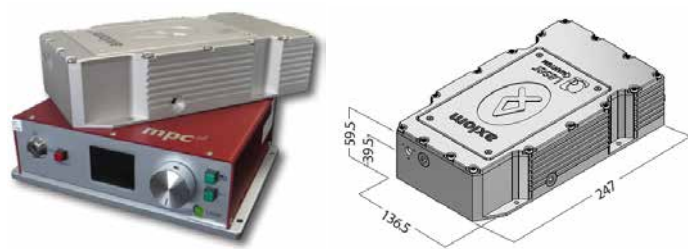
Laser Quantum 连续激光器包含如下系列产品：

- 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：

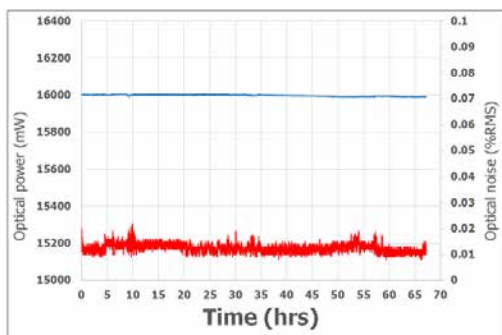
	Axiom 532	Axiom 660
波长	532 nm	660 nm
功率	4-12 W	3-6 W
带宽	50 GHz	60 GHz
光束直径	2.25 mm ± 0.25 mm	0.85mm±0.2mm
空间模式	TEM ₀₀	
椭圆度	<1:1.15	
发散角	<0.4 mrad	<1.6 mrad
M ²	<1.1	<1.2
功率稳定度 (RMS)	<0.1% (<10 W); <0.05% (10 W- 12 W)	<1.0%
噪声 (RMS)	<0.03% (<10 W); <0.02% (10 W- 12 W)	<1.0%
噪声带宽	10 Hz to 100 MHz	10 Hz 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

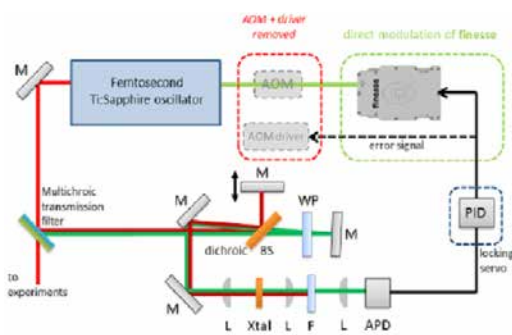


特点和应用：

- 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

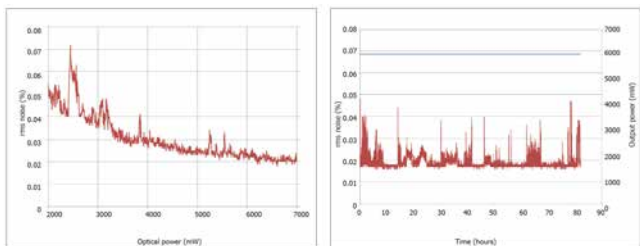
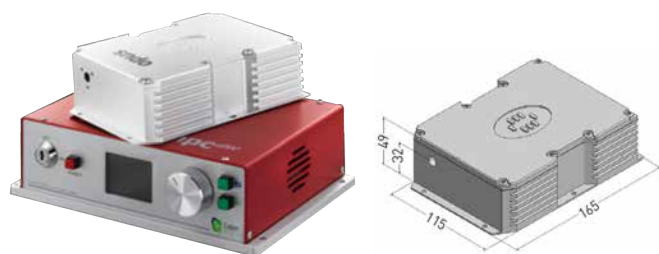


Finesse pure 超过 70 小时的出光测试，
噪声 (红线)~0.01%，功率稳定度 (蓝线)<0.05%;



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

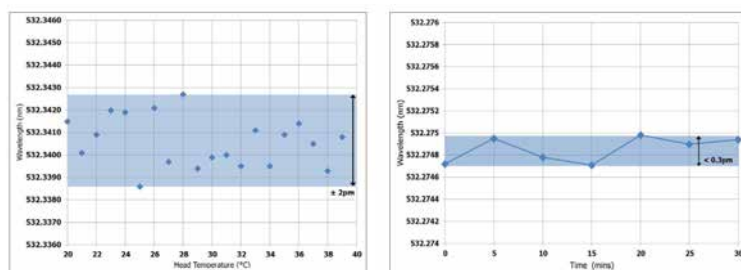
详细参数：

	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

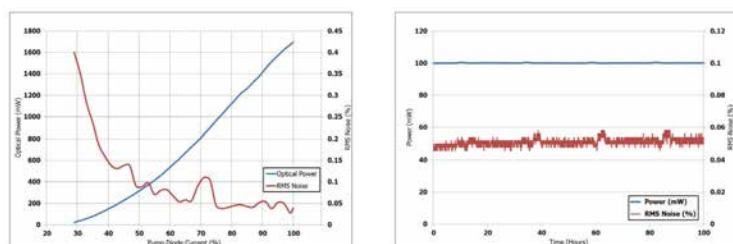
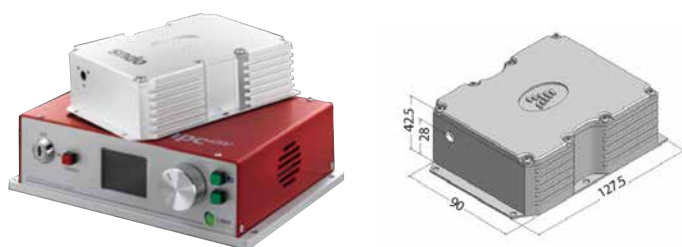
右图, Torus 532 的波长稳定度随工作时间的变化图

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

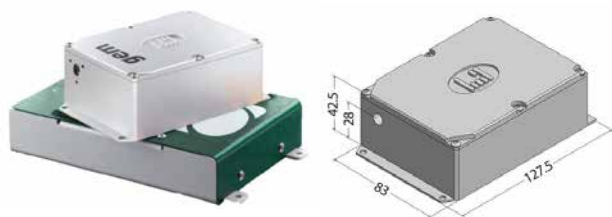
右图, Ventus 532 出光 100 个小时后的输出功率 (蓝线) 及噪声 ~0.06% (红线) 变化图

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：

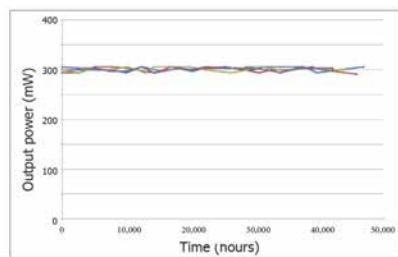
	Ventus473	Ventus532	Ventus solo 532	Ventus561	Ventus660	Ventus671
波长	473 nm	532 nm	532 nm	561 nm	660 nm	671 nm
功率 mW	100-350	100-1500	250-750	100-750	100-750	100-500
光束直径	1.5 mm $\pm$ 0.1 mm					
空间模式	TEM ₀₀					
椭圆度	<1:1.2	<1:1.15	<1:1.2	<1:1.2	<1:1.2	<1:1.2
带宽	40 GHz	30 GHz	10 GHz	40 GHz	30 GHz	30 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

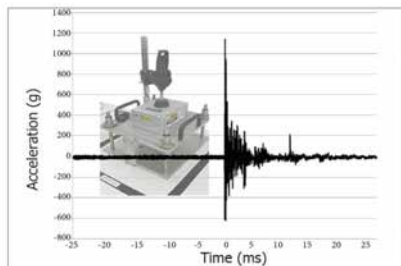


Gem 系列是一款紧凑型 OEM 集成用激光器。功率和波长范围较广泛，是优质光束质量激光器的理想之选。主要应用在拉曼光谱、荧光光谱、DNA 测序、细胞分类和可视化等。

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 $\mu\text{J} \sim \text{mJ}$ ，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。

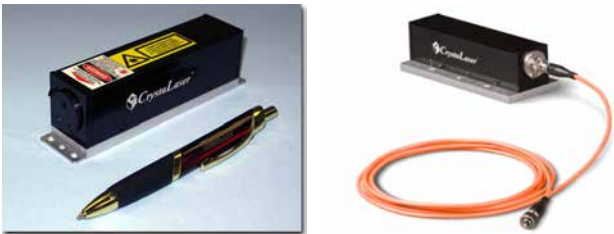
主要型号指标

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	$\leq 2.0 \text{ \%rms}$	TEM_{00} $M^2 \leq 1.3$	<300kHz	>1000m
FQCW266-10		> 10 mW	$\leq 2.0 \text{ \%rms}$			
FQCW266-25-C		> 25 mW	$\leq 2.0 \text{ \%rms}$			
FQCW266-25		> 25 mW	$\leq 2.0 \text{ \%rms}$			
FQCW266-50		> 50 mW	$\leq 1.0 \text{ \%rms}$			
FQCW266-100		> 100mW	$\leq 1.0 \text{ \%rms}$			
FQCW266-200		> 200 mW	$\leq 1.0 \text{ \%rms}$			
FQCW266-300		> 300 mW	$\leq 0.5 \text{ \%rms}$			
FQCW266-500		> 500 mW	$\leq 0.5 \text{ \%rms}$			
FQCW266-1000		> 1000 mW	$\leq 0.2 \text{ \%rms}$			

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 ±4nm	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	<1nm; 单纵模型号 <0.001nm					
相干长度	单纵模型号 >5m (可选 >100m)					

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	<0.1nm; 单纵模型号 <0.00,001nm		
相干长度	1-5mm, 单纵模型号 >300m		

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; <0.000,01nm 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	DilC1	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 mrad
指向稳定性	<0.02 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℃
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

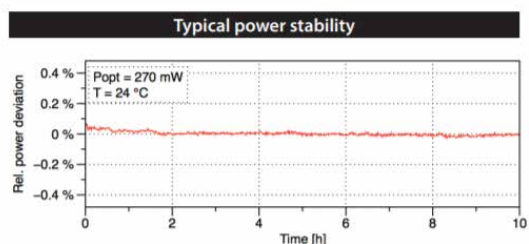
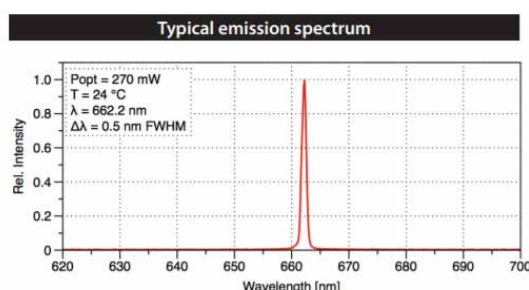
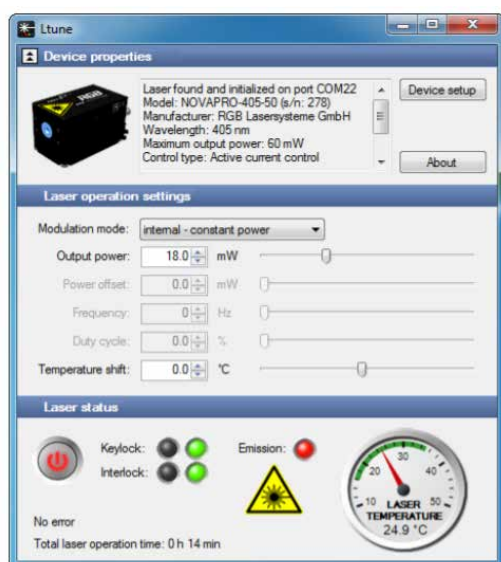
Lambda Beam 系列提供两种控制器，分别为 Power Controller 与 Power Box，适合分立式与直插式控制。Ltune 软件可通过 PC 监测、控制激光器的状态。



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。

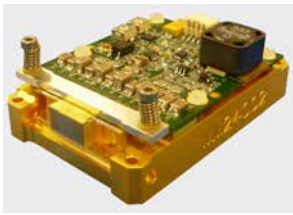
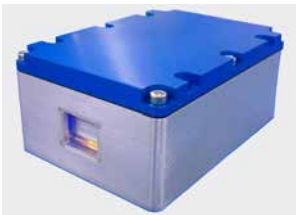


- 最高集成 4 个波长激光器
- 高达 8mJ 总能量 /24W 总平均功率
- 6kHz 重频 (10kHz 突发模式)

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

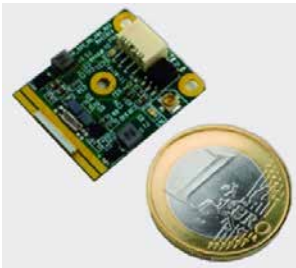
封装或板卡式短脉冲光源提供 30ns-100ns, 4mJ - 1mJ, kHz 重频，多种光束构型的 QCW 光源。



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 (μ s)	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°C (nm) *	808, 915, 940 or 980 ($\pm$ 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]

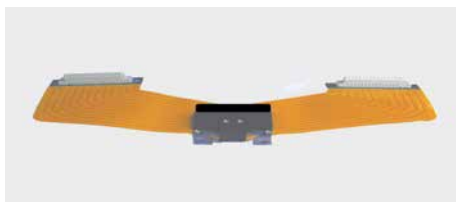
(*) 波长随温度的变化约为 0.3nm /°C

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

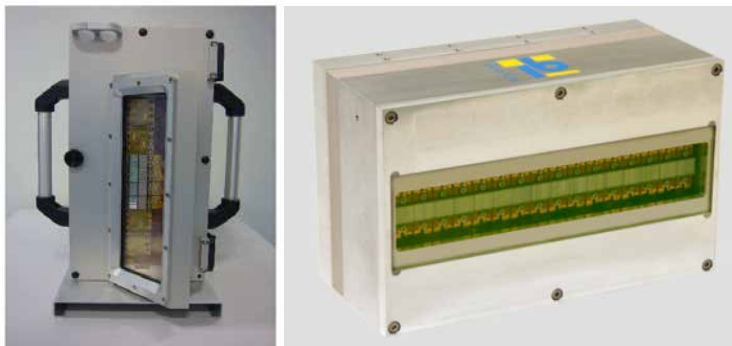
IALDA (Individual addressable laser diode array) 系列独立寻址可编程控制半导体激光器专注印刷、精密打标应用，阵列激光器中每个单独的发光点可以实现独立供电。



- 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: 50 μ m, Pitch between emitters:250 μ m)
- 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°C ~ +40°C 环境无去离子水运行
- 1G ~ 10G 使用寿命

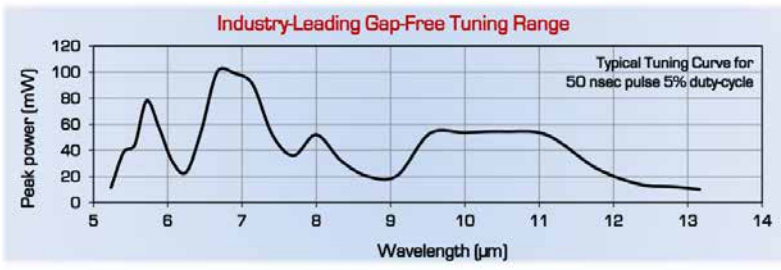
1.5.3 中远红外量子级联激光器

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。



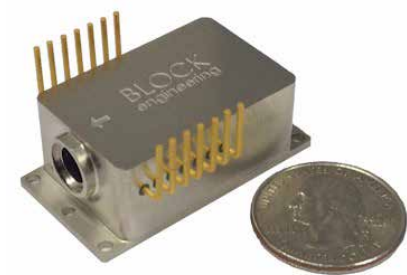
- 5.4 - 12.8 μm 无间隙调谐 ($\Delta \nu > 1050\text{cm}^{-1}$)；可配置 4 个内置激光头
- 25 cm^{-1}/ms 快速扫频
- 优秀的指向稳定性
- 单体全集成方案
- 弹性、用户油耗介面
- 可用于 OEM 及手持应用

无间隙调谐范围	5.4 - 12.8 μm ($\Delta \nu > 1050\text{cm}^{-1}$) 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

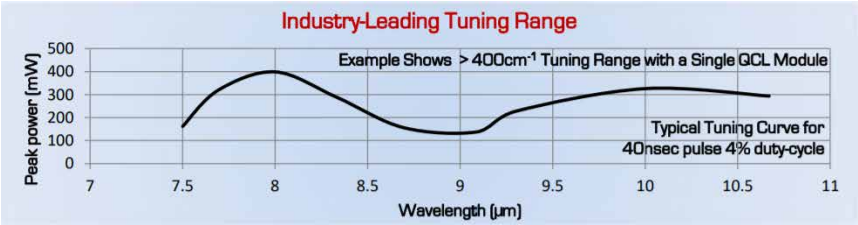
2) Mini-QCL 迷你量子级联激光器

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 – 12.8μm 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	<2cm ⁻¹ / <0.5cm ⁻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	2×4mm，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	10cm ⁻¹ in 1ms, 100cm ⁻¹ in 2ms
扫频速度	可达 15cm ⁻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

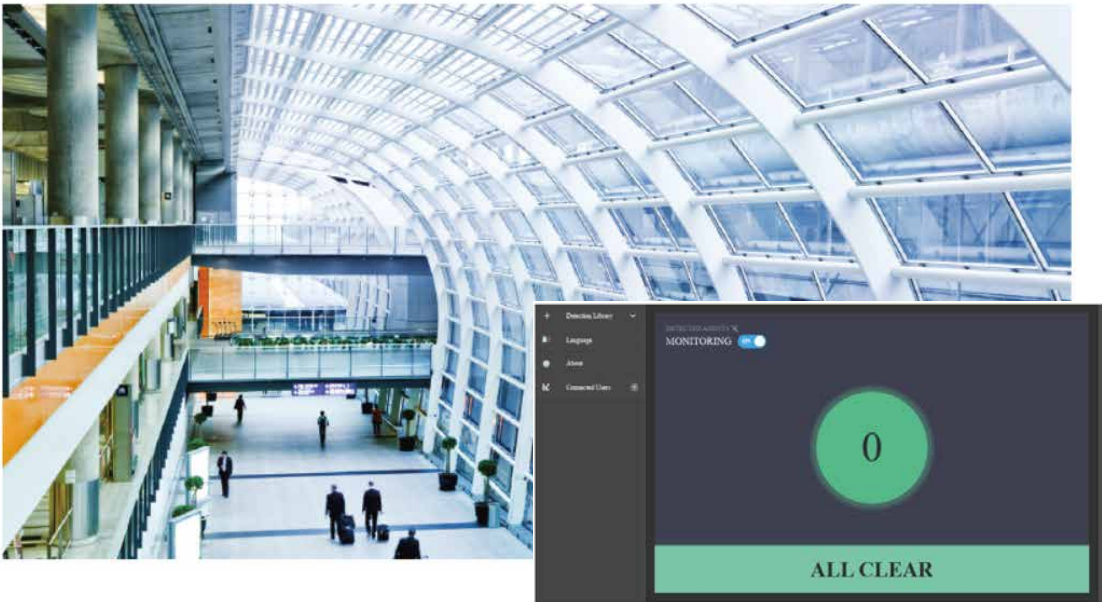
3) LaerWarn 开路式化学品探测系统

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。



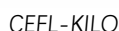
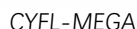
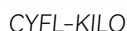
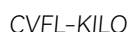
- 可识别 300m 范围的化武分子与工业有害气体分子
- 室内外上千平米覆盖，人眼安全远红外激光
- AI 驱动软件，同时识别多种化学物
- 简便，多级图形化用户介面
- 选项
- 用户订制、可添加的化学品库
- IP66 认证版本，适合恶劣环境
- 固定及移动式配置
- 多语言界面

	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



1.6.1 Lumibird-Keopsys 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。



- 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

- 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
- 免于维护
- 衍射极限输出
- 卓越的边模抑制比（SMSR）
- 不受环境温度变化和环境影响

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:

氦泵浦、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

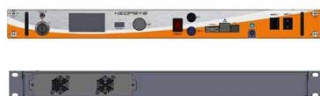


应用领域：

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) 掺镱连续光纤激光器 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）或掺镱（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



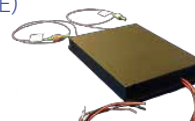
2 μ m Supercontinuum Source (AP-SC-MIR)

- 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)

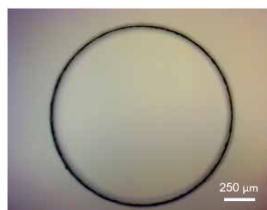
- 全光纤结构, 无自由空间元件
- 正向和反向功率处理 50 W
- 集成后向监视器
- 多通道选项

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

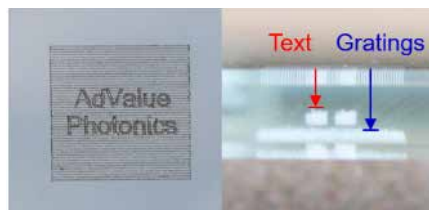
- 偏振不敏感或偏振维持
- 隔离器功率平均 5W 或峰值 10kW
- 循环器平均功率 2W。

2μm 激光器典型应用

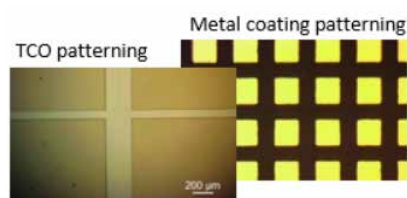
Glass Drilling and Cutting



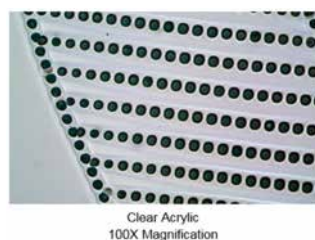
Glass Marking



Thin Film Patterning



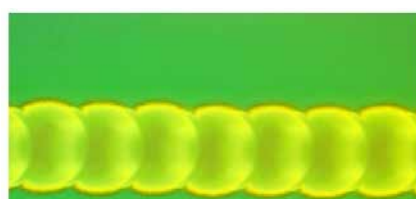
Plastic Marking



Plastic Welding



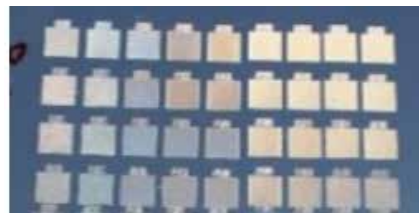
TCO Scribing



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

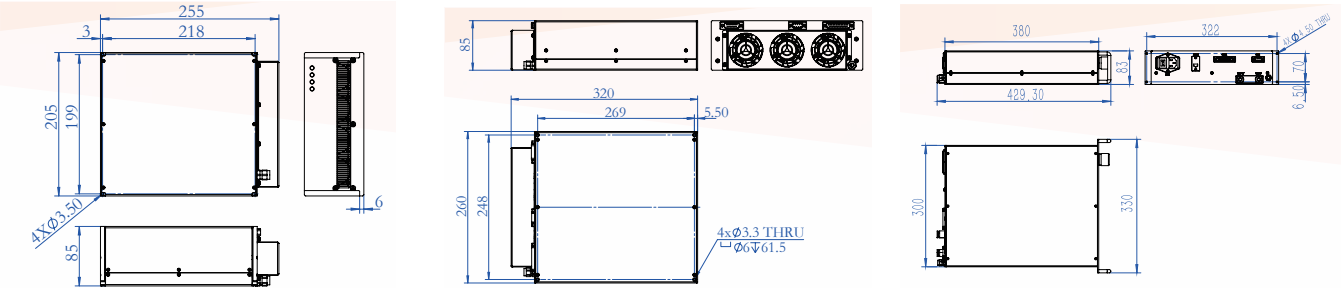
• 非金属材料加工，如塑料焊接、切割、去除
- 中红外泵源

• 激光测距、光谱分析

• 其他科学研究

关键参数	单位	TFM-15	TFM-30	指标	TFM-50	TFM-100	TFL-50/500-QCW
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

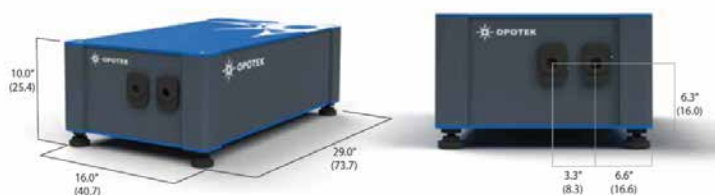
激光器的输出波长一般由增益介质决定。普通气体、固体等激光器原则上输出单个或数个波长。半导体激光器可通过调节温度和电流，实现数个~数十个纳米范围的调谐；如需在一定范围内实现连续可调谐的激光输出，通常采用非线性的 OPO（光学参量振荡器）、OPA（光学参量放大器）进行频率变换，或者采用宽带增益介质如染料、钛宝石等。通常而言，OPO 频率变换适用于大能量纳秒脉冲激光器或低功率超快激光器（近年也有连续输出 OPO 激光器），其输出线宽较宽，优势是全固化、免维护；染料激光器则具备较窄的线宽，但染料需要更新或更换。

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 类位相匹配，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 类位相匹配，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

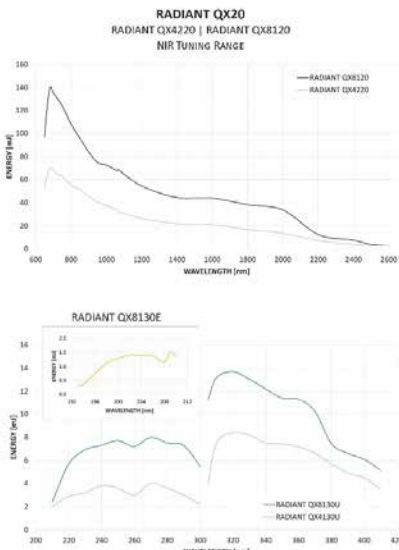
优势特点

- 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。

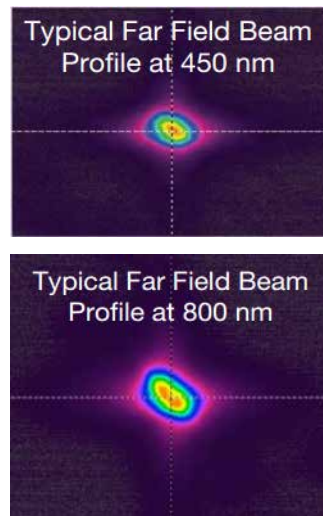
性能指标

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

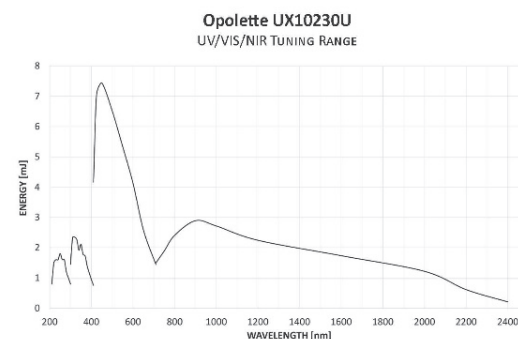
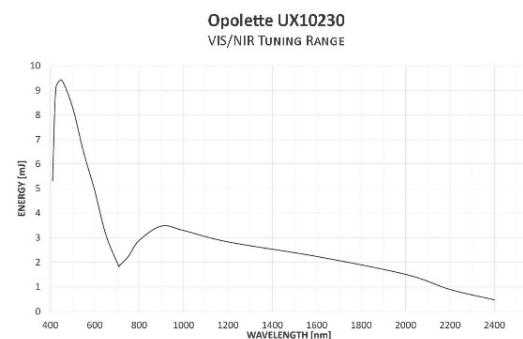
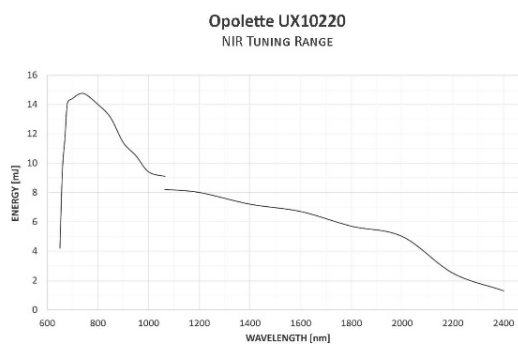
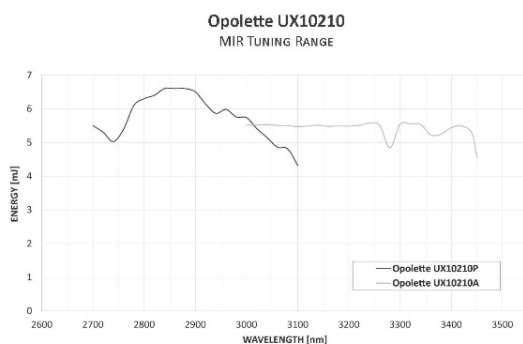
专业应用

- 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。

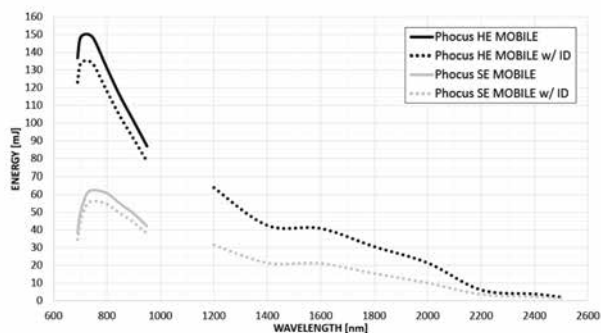
优势特点：

- 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

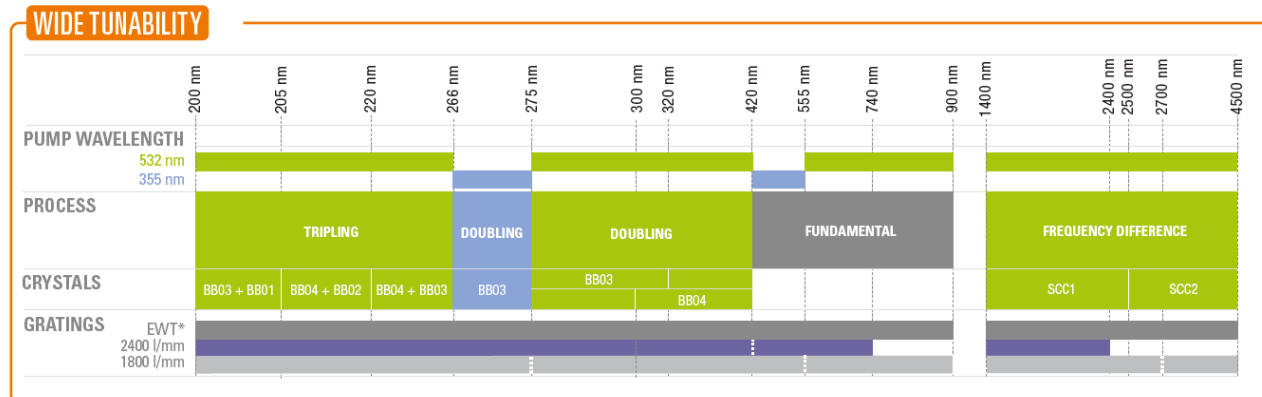
- 高分辨光谱
- 燃烧场诊断
- LIF
- CARS
- 激光雷达
- LIBS
- 光解

典型输出能量：

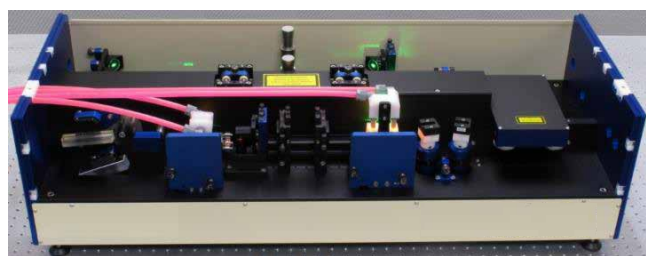
OUTPUT WAVELENGTH	OUTPUT ENERGY (mJ) WITH			PROCESS	TYPE OF DYE
	Q-smart 850 10 Hz	Q-smart 1500 10 Hz	Merion MW-9 100 Hz		
205 nm	4.5	10	3.5	Frequency tripling of 615 nm	Rh 640 + Rh 610
226 nm	5	9	4	Frequency tripling of 678 nm	DCM + LDS 698
230 nm	3.5	7	2.5	Frequency tripling of 690 nm	LDS 698
270 nm	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



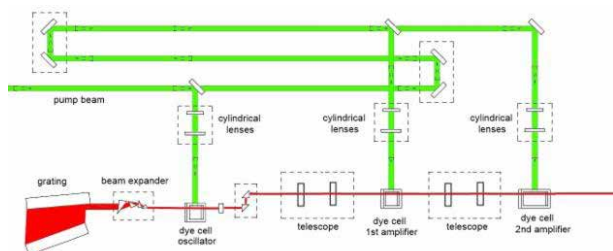
频率变换：

- 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

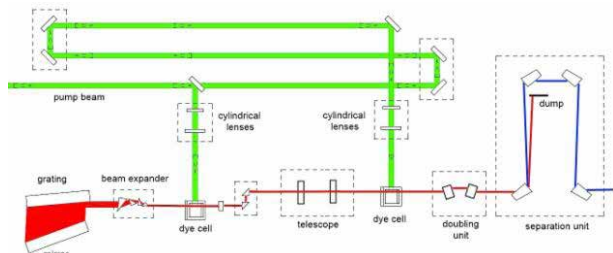
可选项：

- 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
输出指标	
转换效率： Nd:YAG pumped 532 nm, 10 kHz, 10ns, 40W	10 W, 25% @ 564 nm Rhodamine 6G
Nd:YAG pumped 532 nm, 10 kHz, 10ns, 15W	6.8 W, 17% @ 640 nm DCM 2 W, 13% @ 440 nm Coumarin 120
转换效率： Nd:YAG pumped 532 nm, 10 kHz, 10ns, 90W	20 W, 22% @ 564 nm Rhodamine 6G
Nd:YAG pumped 355 nm, 10 kHz, 10ns, 30W	13.5 W, 15% @ 640 nm DCM 3.3 W, 11% @ 440 nm Coumarin 120
SHG 转换效率	>10%
转换效率： Nd:YAG pumped 532 nm, 1 kHz, 150ns, 90W	20 W, 22% @ 564 nm Rhodamine 6G 500 mW, 2.5% @ 282 nm 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

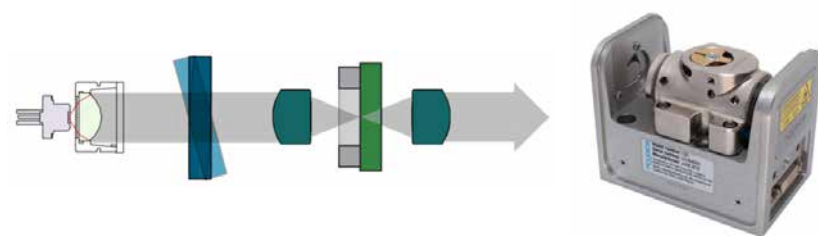
超窄线宽激光器通过限制谐振腔损耗带宽确保单纵模输出，通常还需腔长稳定及锁定技术来实现激光波长的稳定，避免因波长起伏导致的谱线展宽。100kHz 量级线宽的激光器（经过进一步锁定可达 Hz 量级线宽和稳定性）广泛用于需要超长相干长度或超精细光谱激发的场合，如原子冷却、冷原子钟、超精密测量、超精细吸收光谱等应用中。

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

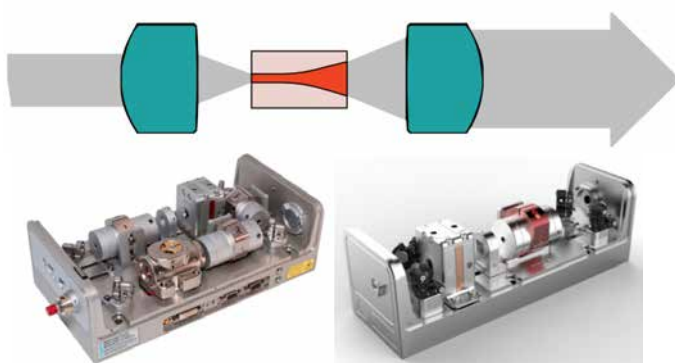
- 振动惰性，被动稳定结构
- 宽调谐范围达数十纳米
- 368 - 1620nm 可选
- 可适用宽带镀膜 LD 芯片或低成本，用户可自行更换芯片
- 光栅倾斜与旋转无耦合调节
- 无跳模宽范围扫描，可达 40GHz
- 窄线宽
- 高速压电陶瓷反馈控制
- 精密准直控制
- 高带宽低延时调制
- 二极管保护电路及继电器
- 低频率噪声
- 可使用 MOGLabs ECDL 控制器或用户自备驱动器

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 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	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 μm
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 MOT)
- 698nm/ 110mW (Sr clock)

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

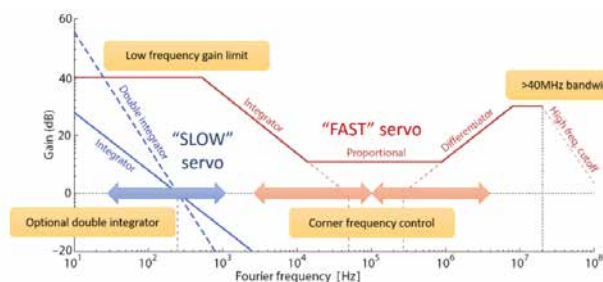
- 用于 CEL、LDL、ILA 激光器
- $<100\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ 噪声，最大电流 250mA
- 含 TEC 驱动温控， $\pm 5\text{mK}/^\circ\text{C}$
- 两路高压压电陶瓷驱动器
- 低噪声差分光电管，700kHz 带宽
- 内置解调器
- 内置 AC 调制源（250kHz/50mA，用于赛曼线圈等）
- 内置扫频发生器
- 电流调制器

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

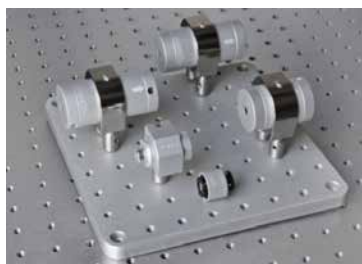
应用

- 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

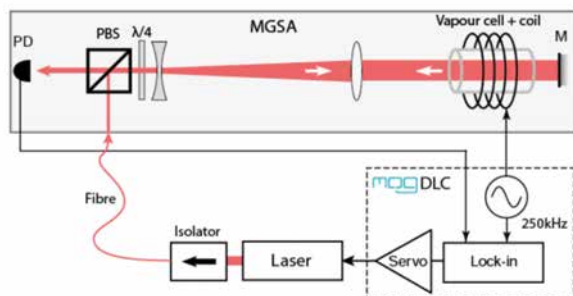
MOGLabs 为冷原子实验提供大量必备附件。

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



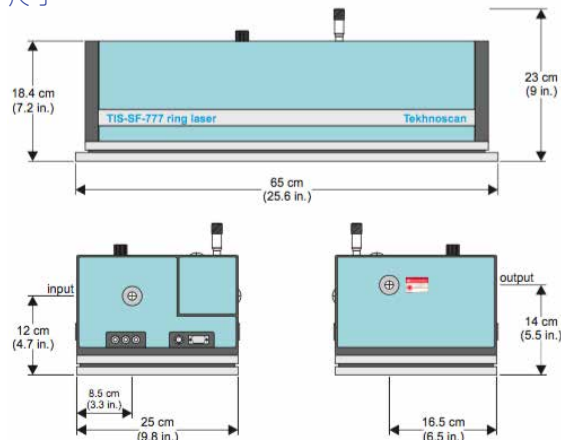
TIS-SF-777 超窄线宽连续可调钛宝石激光器是 TekhnoScan 经典产品，可实现 2-3kHz 窄线宽输出，主要得益于高精度自动稳定调节腔体及快速压电控制反射镜，配合精密的电路控制，保证激光器输出频率超窄线宽、超高的稳定性及快速方便的操控。

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

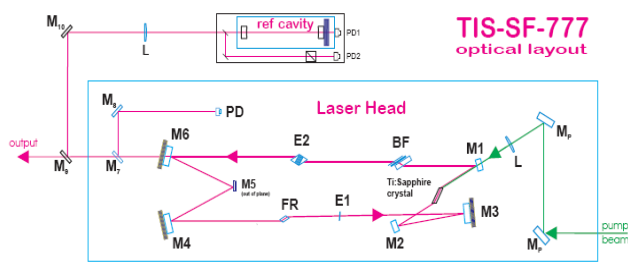
- 原子冷却
- 超分辨光谱学
- PLIF
- 波色爱因斯坦凝聚 (BEC)
- 超分辨光谱吸收

尺寸



特点

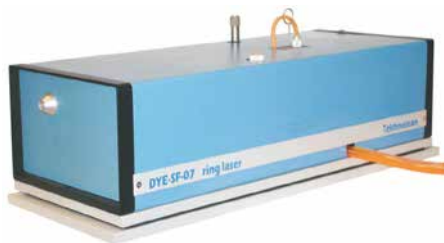
- 超窄线宽——2-3kHz
- 智能自动锁频功能，保证激光器在外部扰动状况下正常工作



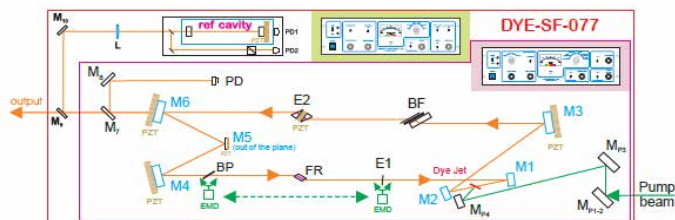
性能指标

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

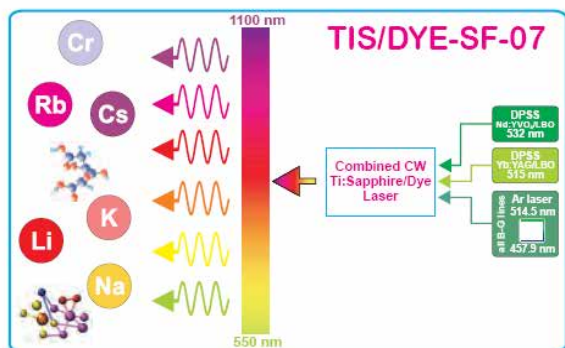
应用

- 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)

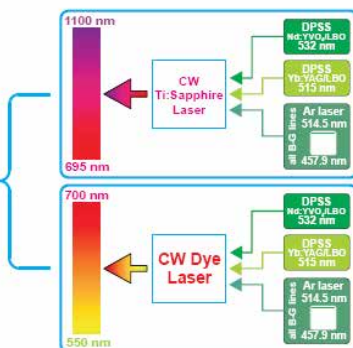
性能指标

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。

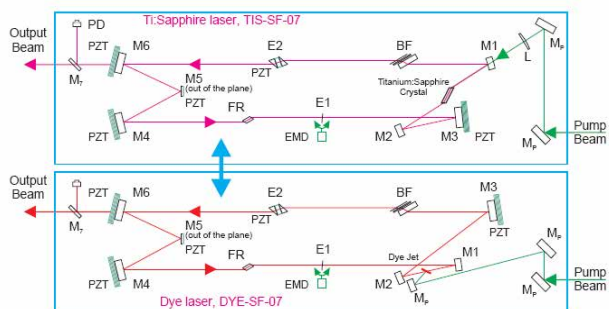
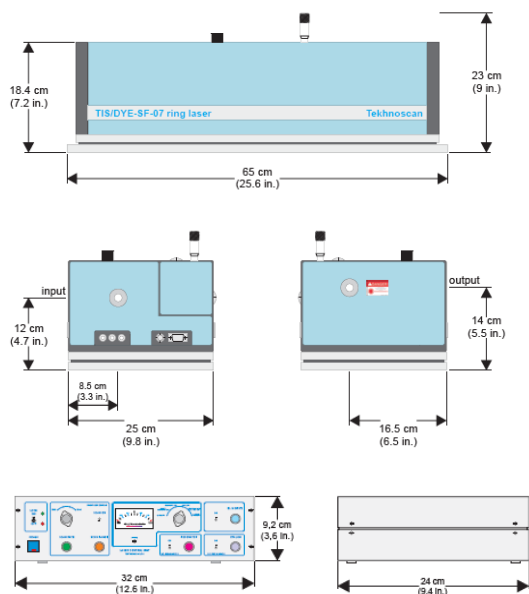
特点

- 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)

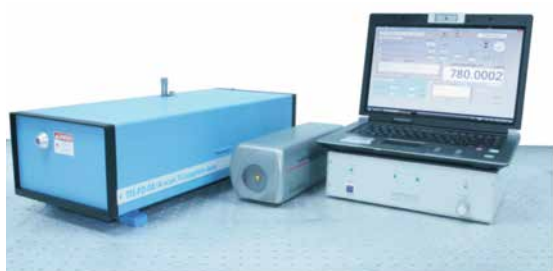
尺寸



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

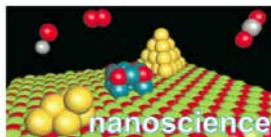
4) 自动扫描窄线宽连续激光系统 -T&D-scan



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

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。



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

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 系列多波长氦离子激光器

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 系列小型化氦离子激光器

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，与同级别的氦离子激光器相比，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 标准氦离子激光头

氦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 系列氦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

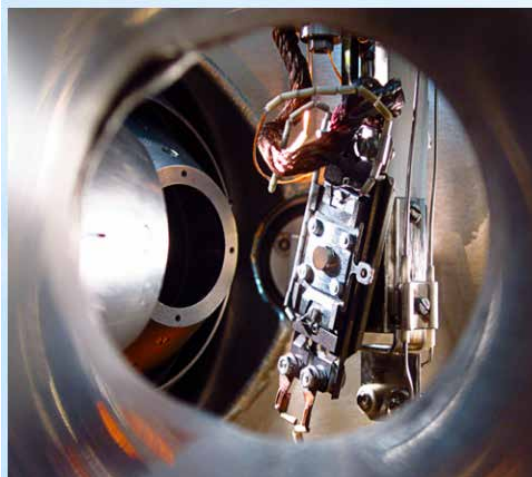
脉冲能量 : >10μJ@MHz, 适合做一些材料刻划、读写等微加工制程和时间分辨率类科研应用;



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

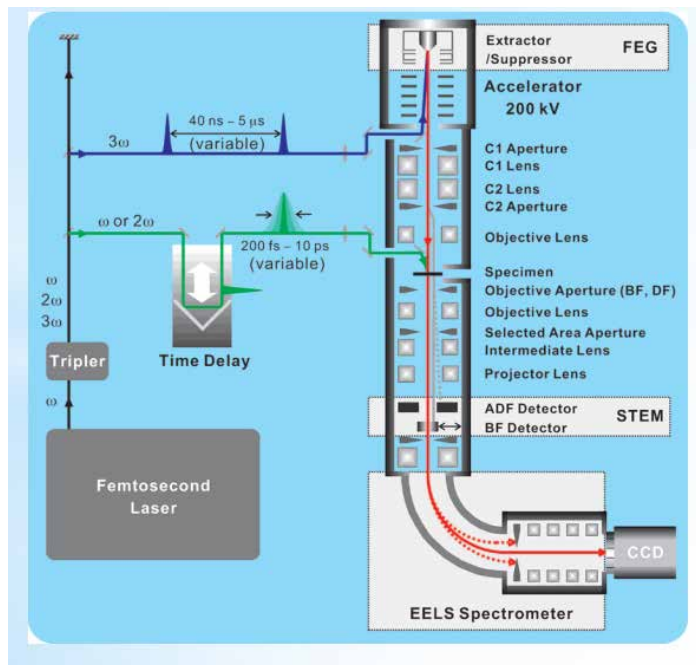
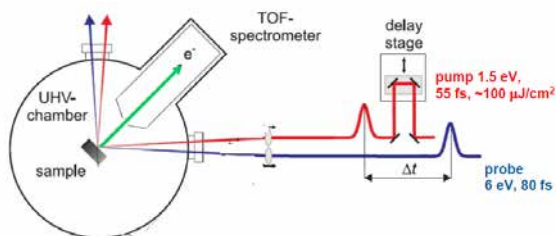
- 脉冲能量 : >10μJ@MHz, 适合做一些材料刻划、读写等微加工制程和时间分辨率类科研应用;
- >20W 功率输出, 200KH-25MHz 可调, 8ps-250fs 可调;
- 全部采用半导体泵浦
- 一体化直线结构, 非常紧凑和稳定, 24 小时 / 7 天免维护使用, 全自动软件运行;
- 噪声低 <1%, 光斑质量好;
- 可以通过倍频模块、NOPA (可同时泵浦 2 台) 等模块实现波长扩展 (深紫外到红外), 非常适合做 CARS、4 维电镜、光电子能谱激发等时间分辨应用;

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

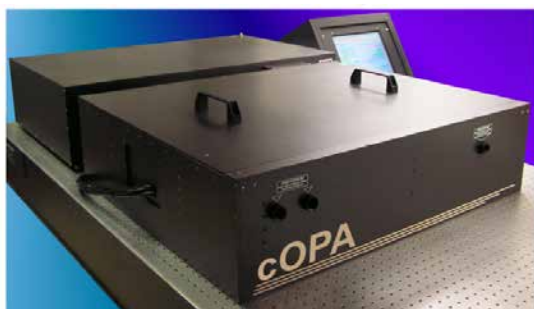


倍频模块 (SHG/THG)

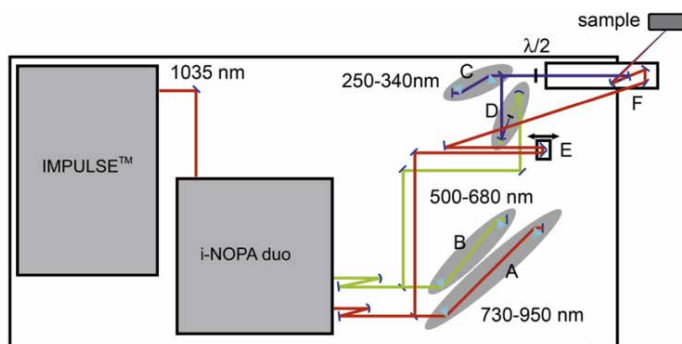


非线性光参量放大器 (NOPA)

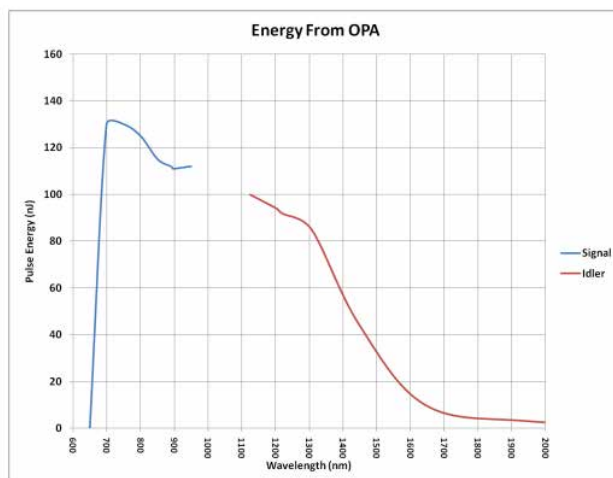
一体化集成式可调飞秒激光系统 COPA—CARS 专用光源



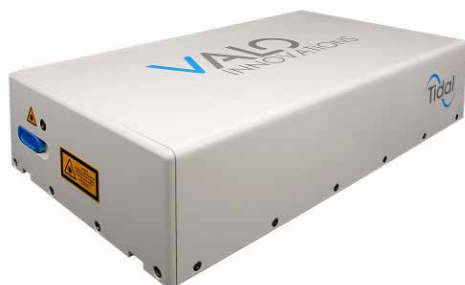
根据客户需求, Clark 公司为 CPA 系列、ImPulse 系列激光器提供紧凑型、高倍频效率、模块化倍频模块和模块化非线性光参量放大器 (NOPA), 得到紫外到红外波长输出。



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：

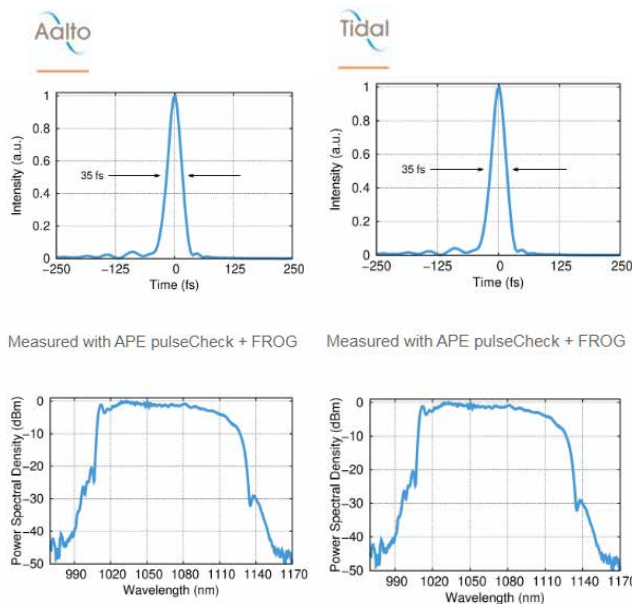
特性：

- 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。

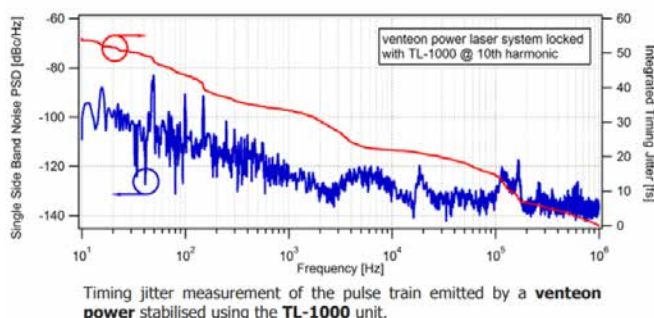
输入波长	800nm ±20nm	
输出波长	400nm ±20nm	
输入重频	1GHz	
输入脉宽	~30nm	
输入带宽	~30nm	
输入功率	1.0W	1.8W
输出功率	75mW	250mW
转换效率	7.5%	14%
输出带宽	~8.5nm	

5) TL-1000 频率锁定器



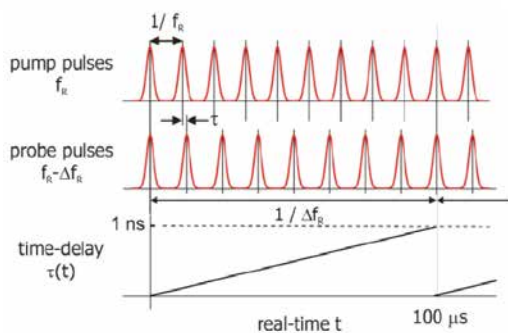
锁模飞秒激光的重复频率由光学强场决定，严格满足 $f_{\text{REP}} = c/2L$ ， c 为光速， L 为计入所有介质折射率的光学腔长。因温度 / 机械形变等原因导致的腔长变化会引起重复频率的变化，或飞秒激光脉冲的抖动。

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 $< 100\text{fs}$ 。

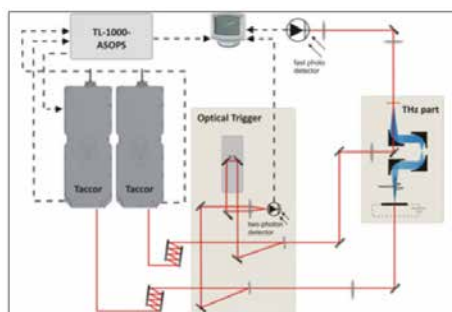


	TL-1000	TL-1000 (low jitter)
重频范围	75MHz ~ 10GHz	75MHz ~ 10GHz
时间抖动 :Taccor/ Helixx	$\leq 100\text{fs}$ (10Hz ~ 100kHz)	$\leq 10\text{fs}$ (10Hz ~ 100kHz)
时间抖动 :Venteon/ Gecco	$\leq 300\text{fs}$ (10Hz ~ 100kHz)	$\leq 100\text{fs}$ (10Hz ~ 100kHz)

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
重频范围	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：

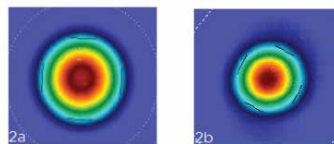
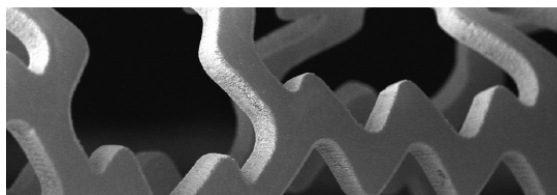
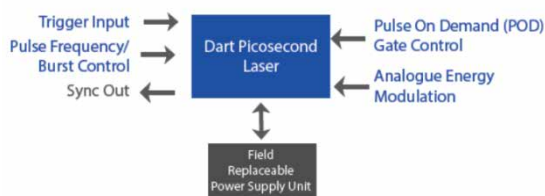


Figure 2a: Beam profile for 1064 nm, 300 kHz at the focus
Figure 2b: Beam profile from 532 nm, 300 kHz at the focus

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：

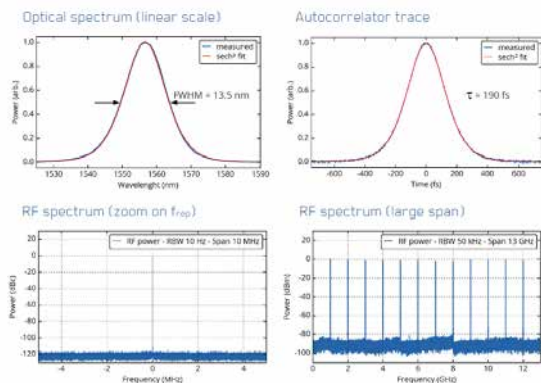
- 超低噪声
- 耐恶劣环境
- 全密封，All-in-one
- 紧凑型工业级设计

主要应用：

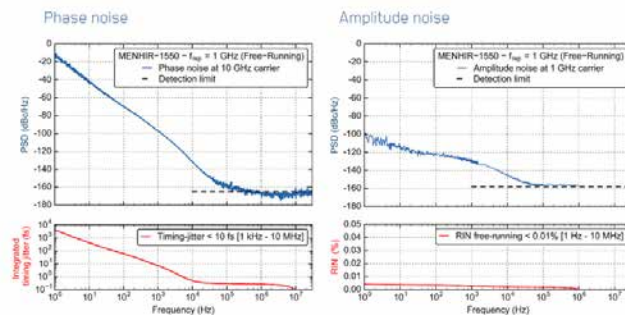
- 空间：时钟分配；光谱仪校准；无线光通讯；
- 微波：射频天文学；模 / 数转换；低噪声射频产生
- 研究：光频梳；太赫兹；光谱学；量子光学；
- 通讯：高稳定时钟；WDM 单光源；自由空间通讯；
- 工业：射频信号发生器；高速数字化；LIDAR

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	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

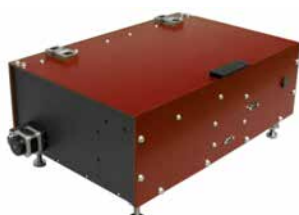


- 外置及内置光电探测器
- 全反射光学元件（色散影响小）
- 条纹分辨光学自相关功能
- 内部机械元件无摩擦运动
- 分路功能

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				

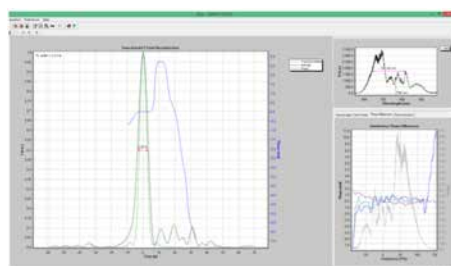
SPIDER



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



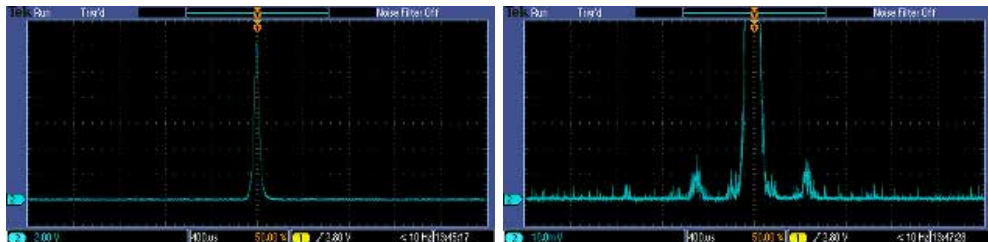
6fs 脉冲时域振幅及位相、光谱及频域位相

	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麦夸范围；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%

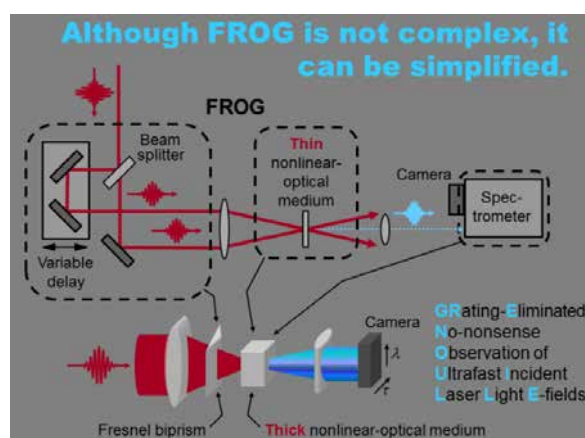
激光器

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



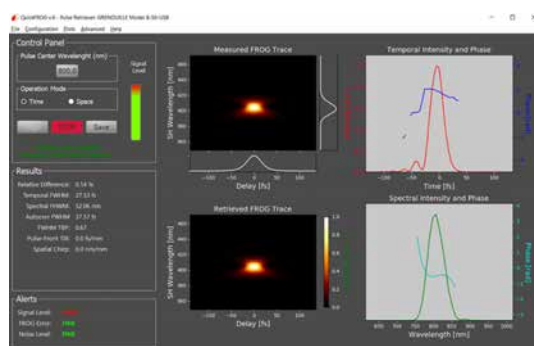
FROG (上) 与 GRENOUILLE (下)

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



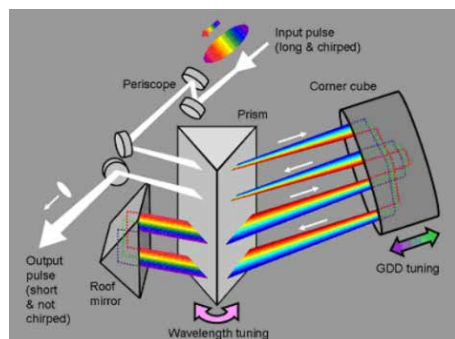
FROG 数据反解软件（可单独提供）

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。

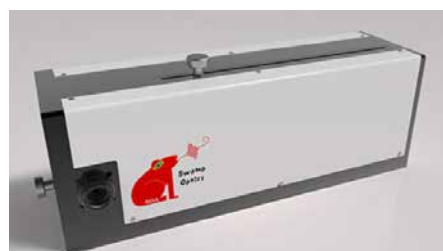


- 针对宽波长范围的色散补偿
- GDD 范围适合大多数多光子显微镜
- 接近于 100% 的透过率
- 易于使用和调谐
- 适应紫外 ~ 红外飞秒激光（175~1700nm）
- 小体积
- 可容许高带宽

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
转换效率	20% ~ 50% SH	30% ~ 50% SH
脉冲展宽	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

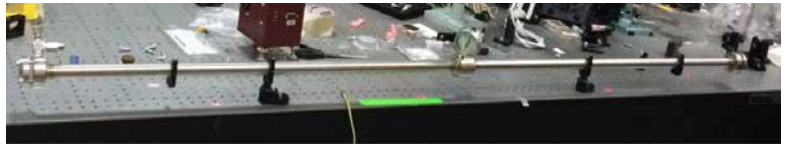
* 根据用户激光器选择光学组件

拉曼移频器

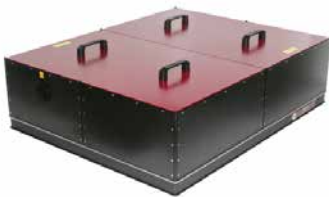
拉曼移频器通过气体或固体拉曼介质的拉曼效应，产生特殊波长的飞秒激光。

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

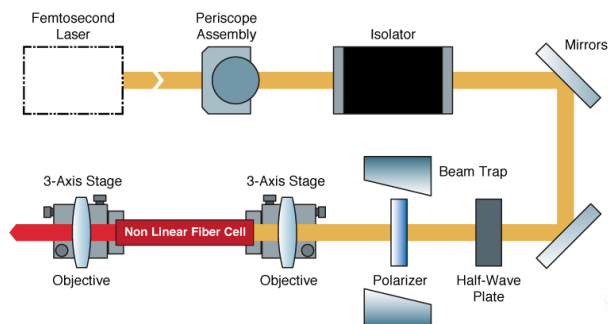


采用 MgO:LiNbO3 晶体光整流产生的太赫兹具备较大的单脉冲能量。

- >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

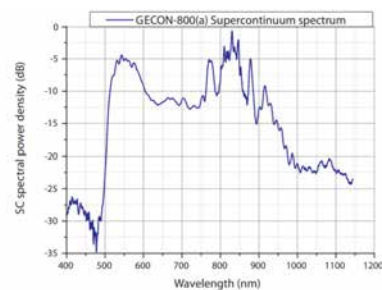
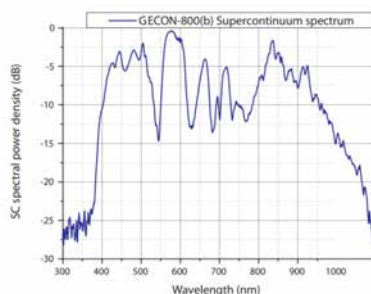
TERA-AX	
THz 输出能量	>1μJ*
光 - THz 转换效率	0.1%
THz 脉宽	0.5 - 1ps
THz 谱宽	0.5 - 2.5THz
THz 发散角	垂直 45 mrad, 水平 100 mrad
EO-AX 时域 THz 光谱仪	
分辨率	30GHz
时间量程	180ps

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)

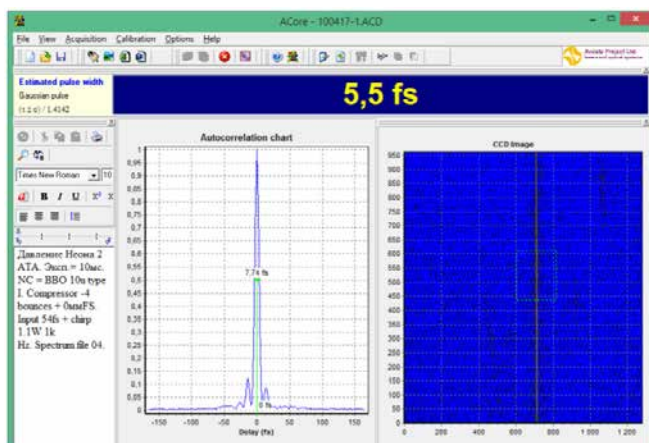


空心光纤脉冲压缩器



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				