

PHAROS

高功率高能量飞秒激光器

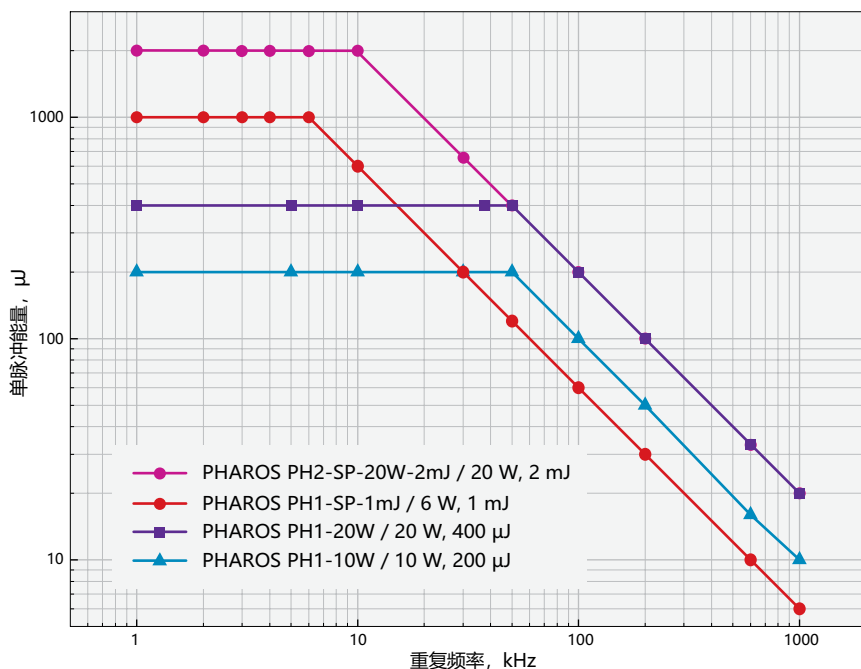
特性

- 190 fs – 20 ps 连续可调脉宽
- 最大脉冲能量 2 mJ
- 最高输出功率 20 W
- 1 kHz – 1 MHz 可调基础重复频率
- 脉冲选择器, 可根据需求分频
- 坚固耐用的工业级机械设计
- 自动谐波发生器 (515 nm, 343 nm, 257 nm, 206 nm)
- 可选配的 CEP (载波包络相位) 稳定系统
- 可实现外部信号锁定振荡器频率

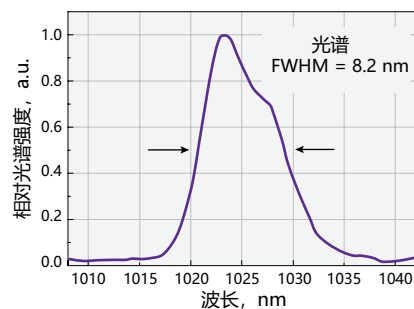


PHAROS 是一款一体式集成飞秒激光器, 拥有毫焦级高脉冲能量和高平均功率。PHAROS 的机械和光学设计专门针对工业应用 (如精密材料加工) 进行过优化。紧凑的结构, 集成热稳定系统和密封设计, 使 PHAROS 可以集成到加工设备中。使用固态激光二极管泵浦掺 Yb 激光介质, 显著降低了维护成本并提供了长久的激光器寿命。

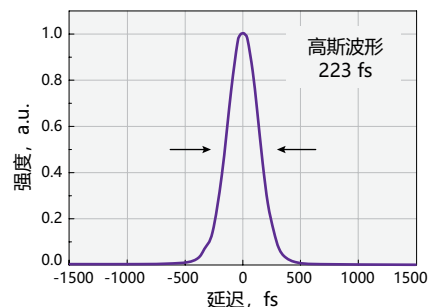
大多数 PHAROS 输出参数可以通过 PC 端软件在几秒钟内轻松完成设置。激光器输出参数的可调性使 PHAROS 系统能够覆盖那些需要不同类型激光器的应用。可调参数包括: 脉冲宽度 (190 fs – 20 ps)、重复频率 (单脉冲至 1 MHz)、脉冲能量 (高达 2 mJ) 和平均功率 (高达 20 W)。其性能足以适合高加工速度下的大多数材料的加工应用。内置脉冲选择器允许在按需脉冲模式下方便地控制激光输出。紧凑而坚固的光机设计使得 PHAROS 激光器可在不同环境下有着稳定输出。



PHAROS 的脉冲能量与基础重复频率



PHAROS 的典型光谱



PHAROS 的典型脉宽

规格参数

新品

型号 ¹⁾	PH1-10W	PH1-15W	PH1-20W	PH1-SP-1mJ	PH2-SP-20W-2mJ
------------------	---------	---------	---------	------------	----------------

输出特性

最大平均功率	10 W	15 W	20 W	6 W	20 W
最小脉宽 (高斯脉冲形状)	< 290 fs			< 190 fs	
脉宽调节范围	290 fs – 10 ps (20 ps 可按需定制)			190 fs – 10 ps (20 ps 可按需定制)	
最大单脉冲能量	> 0.4 mJ			> 1 mJ	> 2 mJ
光束质量	TEM ₀₀ ; M ² < 1.2			TEM ₀₀ ; M ² < 1.3	
基础重复频率 ²⁾	1 kHz – 1 MHz				
脉冲频率选择	单脉冲, 按需脉冲, 任意基础频率整除				
中心波长	1028 nm ± 5 nm			1033 nm ± 5 nm	
输出脉冲稳定性 ³⁾	< 0.5 % rms 超过 24 小时				
输出功率稳定性	< 0.5 % rms 超过 100 小时				
前脉冲对比度	< 1 : 1000				
后脉冲对比度	< 1 : 200				
偏振态	线偏振, 水平方向				
光束指向稳定性	< 20 μrad/°C				

可选扩展

振荡器输出	可选, 具体参数请联系 sales@lightcon.com	
典型输出	1 – 6 W, 50 – 250 fs, ~1035 nm, ~ 76 MHz, 同时可用	
谐波发生器	集成式、可选配 (查看第8页)	
输出波长	515 nm, 343 nm, 257 nm, 206 nm	
光参量放大器	集成式、可选配 (查看第15页)	
调谐范围	640 – 4500 nm	
双脉冲串模式	可调谐 GHz 和 MHz 具有脉冲串内含子脉冲串功能, 可选 (查看第9页)	
GHz-模式 (P)		
脉冲串内脉冲间隔 ⁴⁾	~ 200 ± 40 ps	~ 500 ± 40 ps
脉冲个数 ⁵⁾	1..25	1..10
MHz-模式 (N)		
脉冲串内脉冲间隔	~ 16 ns	
脉冲个数	1..9, (有 FEC 时, 最大值为 7)	

外形尺寸

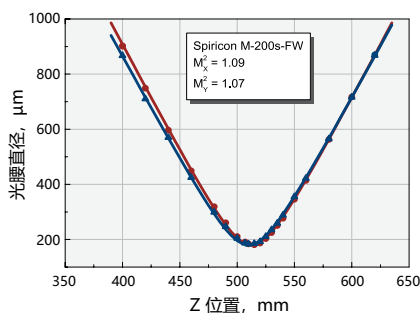
激光头 ⁶⁾	670 (长) × 360 (宽) × 212 (高) mm	730 (长) × 419 (宽) × 233 (高) mm
电源箱和水冷机支架	642 (长) × 553 (宽) × 673 (高) mm	集成在激光头中

环境和使用要求

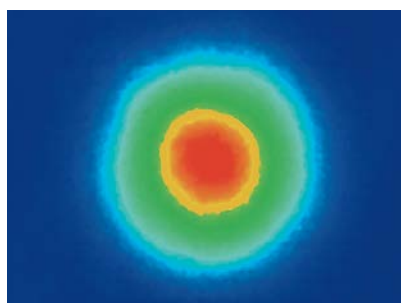
电力	110 V AC, 50 – 60 Hz, 20 A 或 220 V AC, 50 – 60 Hz, 10 A	
使用温度	15 – 30 °C (建议使用空调)	
相对湿度	< 80 % (无冷凝)	
额定功率	2000 W	1000 W
功耗	600 W	

¹⁾ 如有要求, 可提供更多型号。²⁾ 由于系统设计, 某些特定重复频率不可用。³⁾ 在稳定的环境条件下。⁴⁾ 根据要求定制脉冲间隔。⁵⁾ 脉冲串内最大脉冲数取决于激光重复频率。按要求定制脉冲数。⁶⁾ 对于非标准激光规格参数, 尺寸可能会增加。

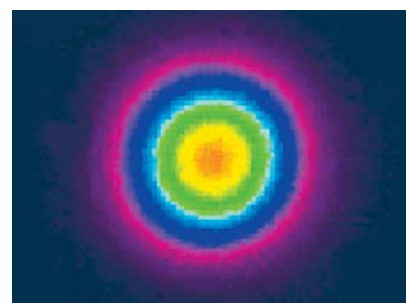
危险: 有可见/不可见激光的辐射/反射/散射, 避免眼睛和皮肤直接暴露在其中
4 类激光产品



PHAROS 典型 M^2 测量数据

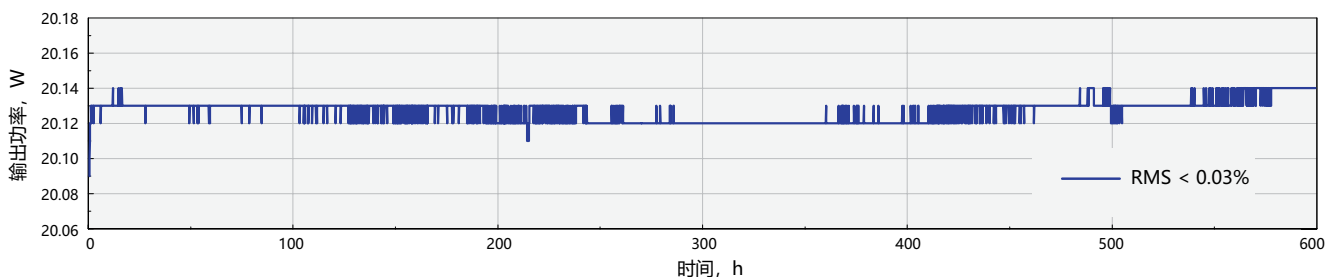


PHAROS 典型远场光斑 (200 kHz)

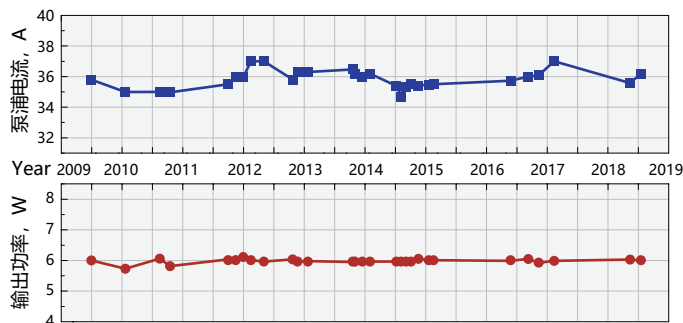
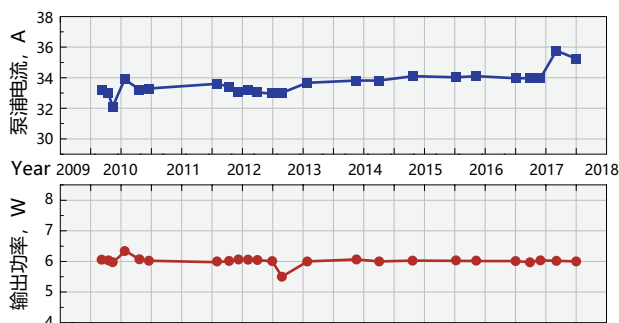


PHAROS 典型近场光斑 (200 kHz)

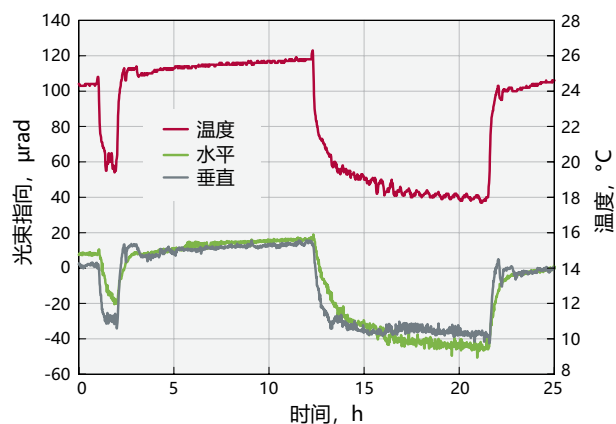
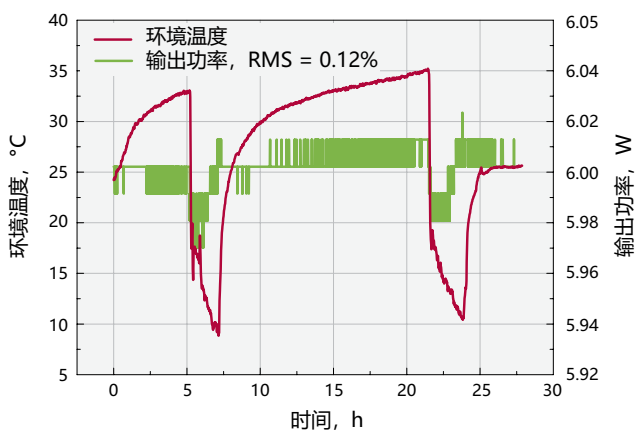
稳定性测量



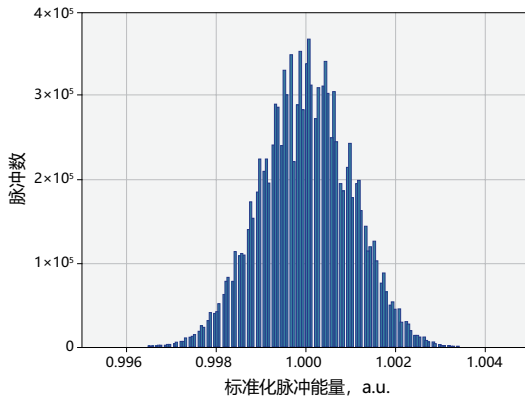
PHAROS 长期稳定性



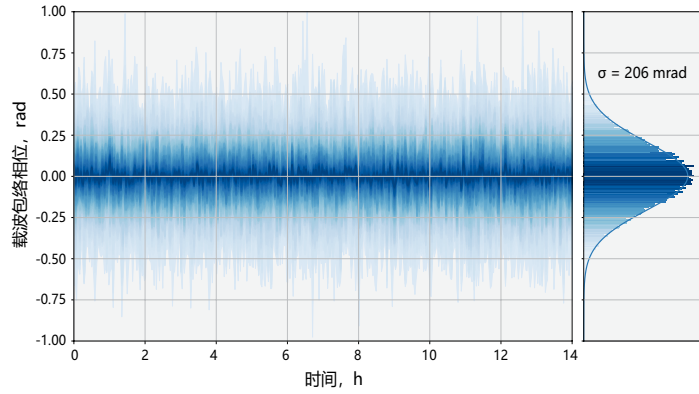
工业 PHAROS 激光器 24/7 全天候运行的输出功率和泵浦模块的电流



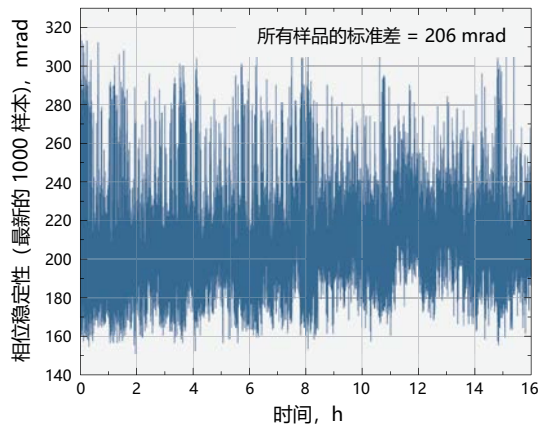
在不稳定环境中启用功率锁定的 PHAROS 输出功率



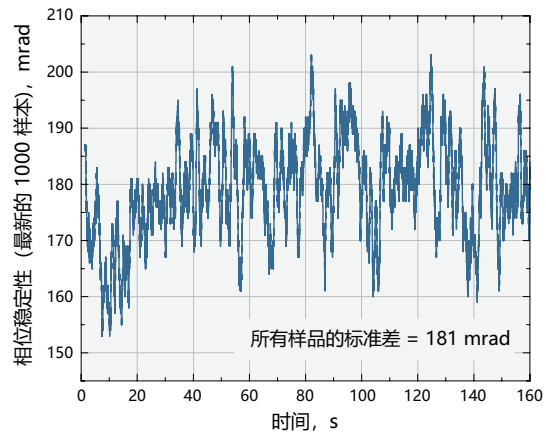
短期相邻脉冲能量稳定性 PHAROS 激光器。
 1.2×10^7 脉冲 (200 kHz 时 1 分钟),
 标准差 < 0.11%, 相邻脉冲变化 < 1%



有源稳相系统载波包络相位 (CEP) 长期稳定性



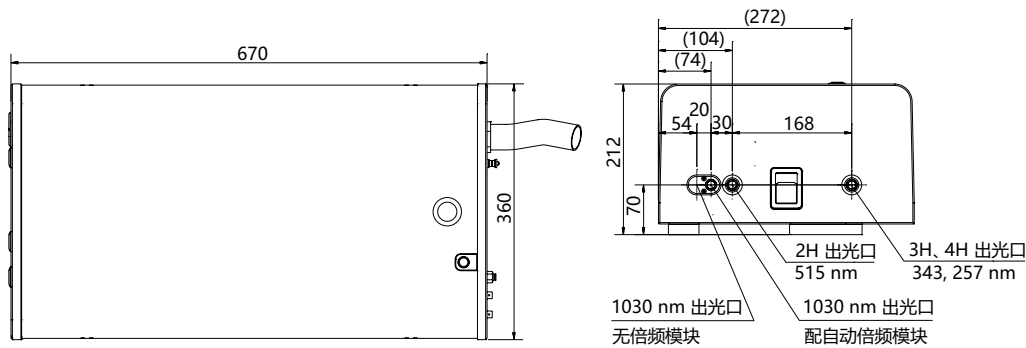
CEP 长期稳定性



CEP 短期稳定性

当激光器与所有明显的噪声源 (震动、声音、空气循环、电噪声) 隔离时 PHAROS CEP 的稳定性。
 系统可达到 < 300 mrad 的长期 (> 8 小时) CEP 稳定性和 < 200 mrad 的短期 (< 5 分钟) CEP 稳定性。

轮廓图



PHAROS PH1 激光器轮廓图

HG | PHAROS

自动谐波发生器

特性

- 515 nm, 343 nm, 257 nm 和 206 nm
- 软件上选择输出波长
- 直接安装到激光器头并集成为一体
- 坚固耐用的工业级机械设计



谐波发生器
模块连接到 PHAROS 机体上

PHAROS 激光器可以选择配备自动谐波模块。通过软件可以选择基础频率 (1030 nm), 二次谐波 (515 nm), 三次谐波 (343 nm), 四次谐波 (257 nm), 五次谐波 (206 nm) 输出。

谐波发生器主要用于需要单一输出波长的工业应用。该谐波模块直接安装在激光器输出端, 并集成到激光器中。

参数

型号	2H	2H-3H	2H-4H	4H-5H
输出波长 ¹⁾ (自动选择)	1030 nm 515 nm	1030 nm 515 nm 343 nm	1030 nm 515 nm 257 nm	1030 nm 257 nm 206 nm
输入单脉冲能量	20 – 2000 μ J	50 – 2000 μ J ²⁾	20 – 2000 μ J ²⁾	200 – 1000 μ J
泵浦光脉宽	190 – 300 fs			
转换效率	> 50 % (2H)	> 50 % (2H) > 25 % (3H)	> 50 % (2H) > 10 % (4H) ³⁾	> 10 % (4H) ³⁾ > 5 % (5H) ⁴⁾
光束质量 (M^2) $\leq 400 \mu$ J 泵浦光	< 1.3 (2H), 典型 < 1.15	< 1.3 (2H), 典型 < 1.15 < 1.4 (3H), 典型 < 1.2	< 1.3 (2H), 典型 < 1.15 n/a (4H)	n/a
光束质量 (M^2) > 400 μ J 泵浦光	< 1.4 (2H)	< 1.4 (2H) < 1.5 (3H)	< 1.4 (2H) n/a (4H)	

¹⁾ 取决于泵浦激光型号。

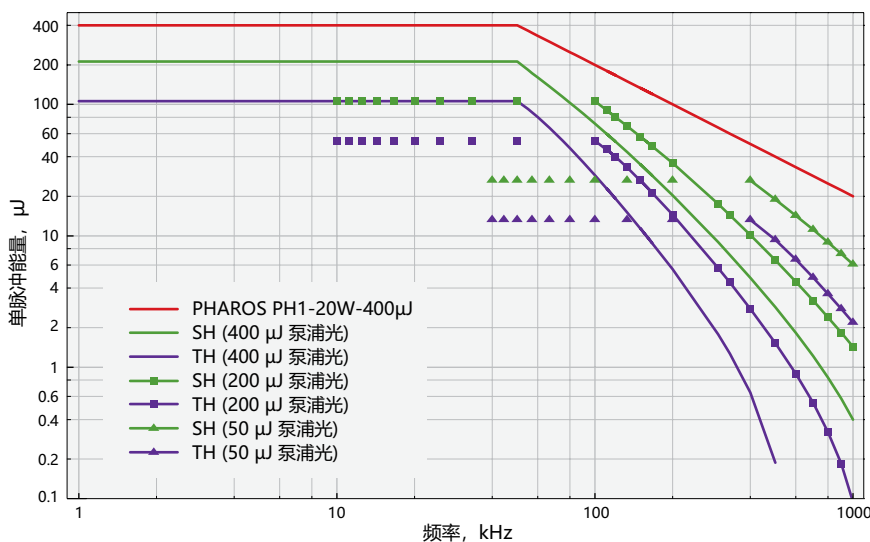
²⁾ 请联系 LIGHT CONVERSION 获得高能量版本的规格参数。

³⁾ 最大 1 W 输出。

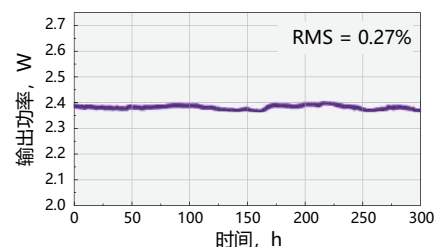
⁴⁾ 最大 0.15 W 输出



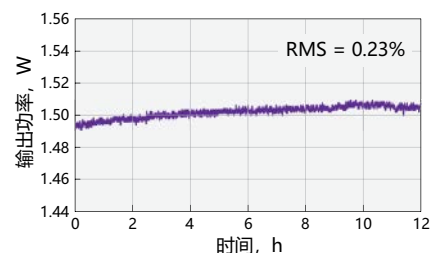
危险: 有可见/不可见激光的辐射/反射/散射, 避免眼睛和皮肤直接暴露在其中
4 类激光产品



PHAROS 谐波能量与脉冲重复率对比



3H 输出稳定性



4H 输出稳定性

BiBurst

可调谐 GHz 和 MHz 脉冲, 具有脉冲串包含子脉冲串功能

PHAROS 和 CARBIDE 40W (CB3) 可以选配 BiBurst (双脉冲串) 功能, 即有可调的 GHz 脉冲串和 MHz 脉冲串, 脉冲串内套有子脉冲串。MHz 脉冲串中, 两组脉冲串的间距为纳秒 (ns) 级别, 这一层级的脉冲串用 N 表示。GHz 脉冲串中, 两组脉冲串的间距为皮秒 (ps) 级别, 这一层级的脉冲串用 P 表示。在脉冲模式下, 脉冲以一定的固定频率发射。在脉冲串模式下, 间隔固定时间发射一组 P 脉冲串, 每一组脉冲串内包含多个等时间间距的脉冲。

高单脉冲能量的 PHAROS 和 CARBIDE 飞秒激光器可灵活配备 BiBurst (双脉冲串) 功能, 这为高科技制造业带来了新的生产能力, 可以应用于消费电子行业、集成光电子芯片制造、支架切割、表面加工、未来显示器制造和量子计算等领域。

BiBurst 材料加工领域包括:

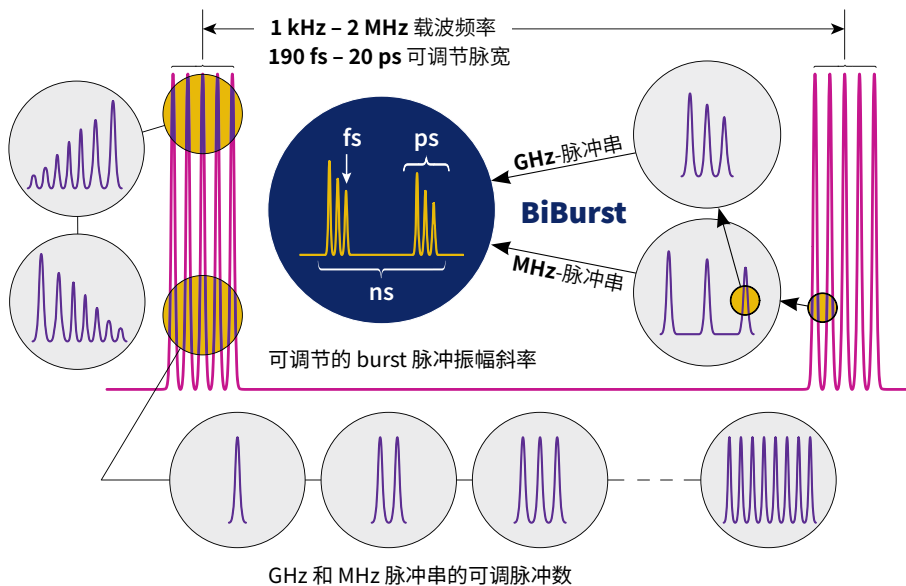
- 脆性材料钻孔和切割
- 深雕
- 选择性消融
- 透明材料体积修改
- 隐藏标记
- 表面功能重构

规格参数

型号		CARBIDE-CB3 (40 W)	PHAROS	PHAROS-SP
P, GHz-模式	脉冲串内脉冲间距 ¹⁾	~440 ± 40 ps	~200 ± 40 ps	~500 ± 40 ps
	最大脉冲个数 ²⁾	1..10	1..25	1..10
N, MHz-模式	脉冲串内脉冲间距	~16 ns		
	最大脉冲个数	1..10	1..9, (有 FEC 时, 最大值为 7)	1..9, (有 FEC 时, 最大值为 7)

¹⁾ 可应要求自定义间距。

²⁾ 最大脉冲数量取决于激光重复率。可定制脉冲个数。



I-OPA

工业级光参量放大器

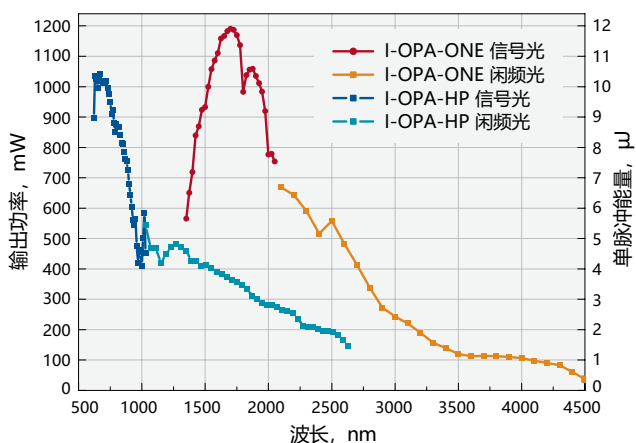
特征

- 可选择自动调节波长或固定波长
- 坚固、集成的机械设计
- 即插即用、安装简洁
- 简洁易操作的用户界面
- 高达 2 MHz 的重频, 可运行单脉冲模式
- 高达 40 W 的泵浦功率
- 可选超短脉宽 (<100 fs)
- 配有泵浦光集成可调分束器

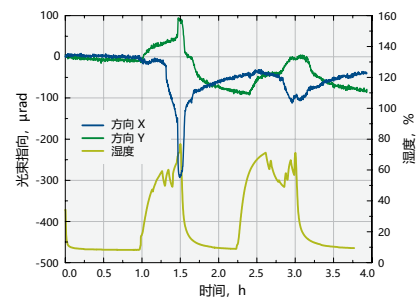
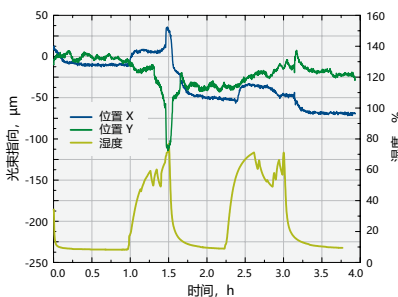
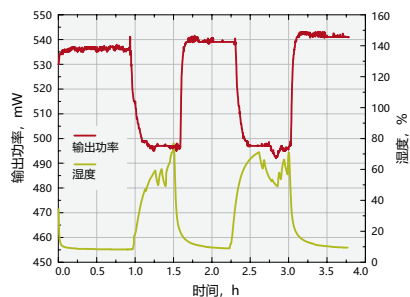


可调谐 I-OPA-TW 模块连接到风冷 CARBIDE-CB5 机身上

I-OPA 系列光参量放大器标志着波长可调的飞秒光源领域进入全新的时代。基于对 ORPHUES 系列光参量放大器 10 年的生产经验, 该解决方案结合了波长可调的灵活性以及坚固的工业级设计。初始的 I-OPA 是装在 PHAROS 激光器上的坚固模块, 具有可以与工业倍频模块相比拟的长期稳定型。而新改进的可调版本, 可以与 PHAROS 或 CARBIDE 系列的飞秒激光器结合使用, 主要用于对稳定性要求较高的光谱和显微应用领域。其中 -HP 型号旨在结合 HARPIA 系列使用, 可用作超快泵浦-探测光谱的泵浦光源。而 -F 型号主要用作多光子显微设备的光源。还有 -ONE 型号在中红外光谱领域以及其他对红外波段的单脉冲能量要求较高的应用领域非常有用。所有这些型号可用于微加工和其他工业应用; 波长可调的 I-OPA 是科研系统的理想选择, 而波长固定的 I-OPA 将是大规模工业生产的高性价比解决方案。



典型的 I-OPA 模块能量转换曲线。
泵浦: PHAROS-10W、100 μJ、100 kHz

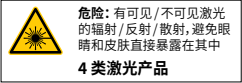


在恶劣的环境条件下(湿度和温度循环)固定波长 I-OPA-FW 光束指向和输出功率测量

波长可调 I-OPA 规格

型号	I-OPA-TW-HP	I-OPA-TW-F	I-OPA-TW-ONE
基于 ORPHEUS 型号	ORPHEUS	ORPHEUS-F	ORPHEUS-ONE
泵浦功率	高达 40 W		
泵浦单脉冲能量	10 – 400 μ J		20 – 400 μ J
脉冲重复频率	高达 2 MHz		
可调范围, 信号光	640 – 1010 nm	650 – 900 nm	1350 – 2060 nm
可调范围, 闲频光	1050 – 2600 nm	1200 – 2500 nm	2060 – 4500 nm
峰值转换效率, 信号光波长	> 7 % @ 700 nm		> 9 % @ 1550 nm
其他选配	n/a	SCMP: 信号光脉冲压缩器 ICMP: 闲频光脉冲压缩器 PCMP: 预啁啾色散补偿器	n/a
脉冲带宽 ¹⁾	80 – 220 cm^{-1} @ 700 – 960 nm	200 – 750 cm^{-1} @ 650 – 900 nm 150 – 500 cm^{-1} @ 1200 – 2000 nm	60 – 150 cm^{-1} @ 1450 – 2000 nm
脉宽 ²⁾	120 – 250 fs	< 55 fs @ 800 – 900 nm < 70 fs @ 650 – 800 nm < 100 fs @ 1200 – 2000 nm	100 – 300 fs
波长扩展选项	SHS: 320 – 505 nm SHI: 525 – 640 nm 峰值转换效率 1.2%	联系 sales@lightcon.com	DFG: 4500 – 10000 nm ³⁾
应用	微加工 显微镜 光谱	非线性微结构 超快光谱	中红外光谱 原子力 (AFM) 显微镜

¹⁾ I-OPA-F 输出外部压缩的宽带脉冲。
²⁾ 输出脉宽取决于波长和泵浦激光脉宽。I-OPA-F 要求配备脉冲压缩器实现短脉宽。
³⁾ 使用外部差频发生器可达到 16 μ m 的波长调节范围。



固定波长 I-OPA 与可调版本与标准 ORPHUES 系列设备相比, 仅少了用计算机控制的选择波长功能。另一方面, 安装在激光器内部的设计, 保证了机械稳定性, 且消除了空气扰动的影响, 从而确保了其长期稳定的运行并最大限度减小能量波动。



固定波长 I-OPA-FW 模块连接到 PHAROS 机体上

固定波长 I-OPA 的规格

型号	I-OPA-FW-HP	I-OPA-FW-F	I-OPA-FW-ONE
泵浦功率	达到 40 W		
泵浦单脉冲能量	10 – 500 μJ	10 – 500 μJ	20 – 1000 μJ
脉冲重复频率	达到 2 MHz		
波长范围, 信号光	640 – 1010 nm	650 – 900 nm	1350 – 2060 nm
波长范围, 闲频光	1050 – 2600 nm	1200 – 2500 nm	2060 – 4500 nm
峰值转换效率, 信号光波长	>7 % @ 700 nm	>7 % @ 700 nm	>9 % @ 1550 nm
脉冲带宽 ¹⁾	80 – 220 cm^{-1} @ 700 – 960 nm	200 – 750 cm^{-1} @ 650 – 900 nm 150 – 500 cm^{-1} @ 1200 – 2000 nm	60 – 150 cm^{-1} @ 1450 – 2000 nm
脉宽 ²⁾	120 – 250 fs	< 55 fs @ 800 – 900 nm < 70 fs @ 650 – 800 nm < 100 fs @ 1200 – 2000 nm	150 – 300 fs
应用	微加工 显微镜 光谱	非线性微结构 超快光谱	微加工 中红外波段

¹⁾ I-OPA-F 输出外部压缩的宽带脉冲。

²⁾ 输出脉宽取决于波长和泵浦激光脉宽。

I-OPA-F 需要外部脉冲压缩器来实现短脉宽。



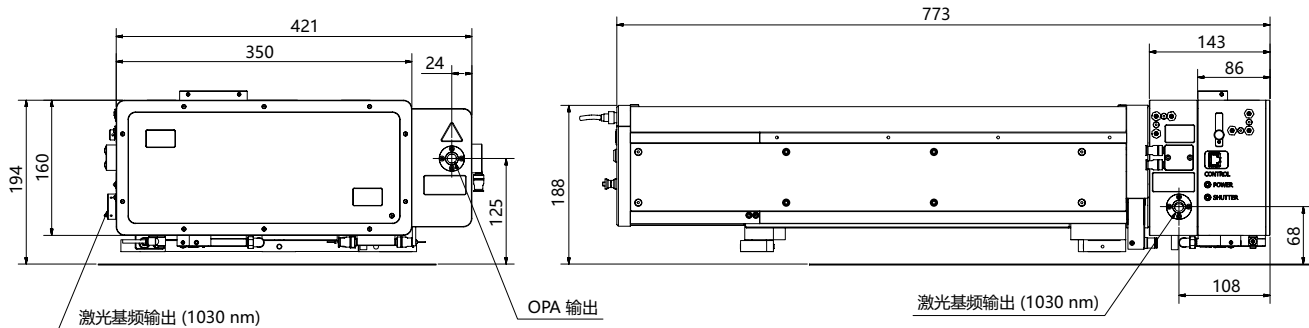
危险: 有可见 / 不可见激光的辐射 / 反射 / 散射, 避免眼睛和皮肤直接暴露在其中
4 类激光产品

同其他类型的飞秒、皮秒激光器对比

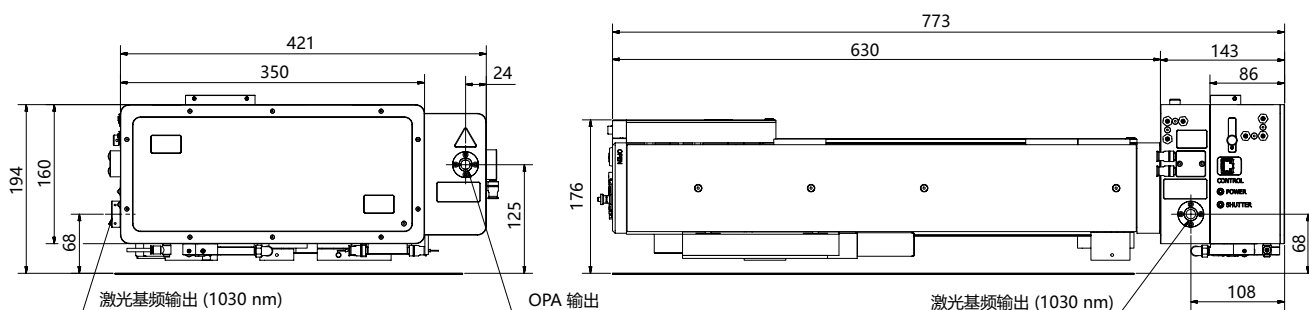
激光技术	我们的解决方案	HG 或 HIRO	I-OPA-FW-F	I-OPA-FW-ONE
		单脉冲能量参数, 使用的 PHAROS-10W 激光器, 重频为 100 kHz		
准分子激光器 (193 nm, 213 nm)	PHAROS 五次谐波 (205 nm)	5 μJ	n/a	n/a
统一此处的激光器名称, 全英文或是全中文 (266 nm)	PHAROS 四次谐波 (257 nm)	10 μJ		
Nd:YAG 的四次谐波 (355 nm)	PHAROS 三次谐波 (343 nm)	25 μJ		
Nd:YAG 的二次谐波 (532 nm)	PHAROS 二次谐波 (515 nm)	50 μJ	35 μJ	
Ti:Sa (800 nm)	OPA 输出 (750 – 850 nm)	n/a	10 μJ	
Nd:YAG (1064 nm)	PHAROS 输出 (1030 nm)	100 μJ		
铬: 镁橄榄石 (1240 nm)	OPA 输出 (1200 – 1300 nm)	n/a	5 μJ	n/a
钪 (1560 nm)	OPA 输出 (1500 – 1600 nm)		3 μJ	15 μJ
铥/钬 (1.95 – 2.15 μm)	OPA 输出 (1900 – 2200 nm)		2 μJ	10 μJ
其他源 (2.5 – 4.0 μm)	OPA 输出			1 – 5 μJ

请注意, 脉冲能量在很宽的泵浦参数范围内呈线性变化。例如, 50 kHz (400 μJ 能量) 的 PHAROS PH1-20 激光器将增加两倍的输出功率, 脉冲能量与上面的参考表相比增加 4 倍。在所有情况下, 输出的脉宽 <300 fs。OPA 输出不限于这些特定的操作范围, 如能量转换曲线所示, 它是连续可调的。

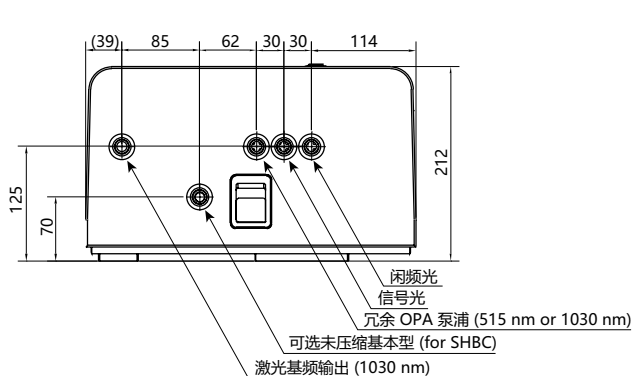
轮廓图



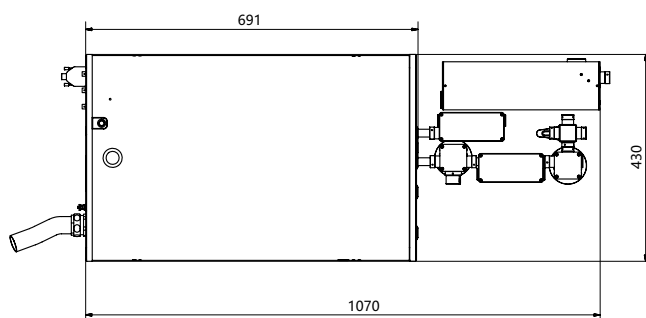
配有可调 I-OPA-TW-HP 的 CARBIDE-CB3 激光器的轮廓图及出光口



配有可调 I-OPA-TW-HP 的 CARBIDE-CB5 激光器的轮廓图及出光口



配有固定波长 I-OPA-FW 的 PHAROS 激光器的出光口



配有固定波长 I-OPA-FW-F 和压缩器的 PHAROS 激光器，用于信号光和闲频光