

卓越品质

# 超快激光

工业和科研

2018



LIGHT  
CONVERSION

# 超快激光

## 工业和科研

2018 产品概览



## 来特激光

### 我们的业务

我们是全球领先的波长可调飞秒激光器制造商，产品包括 TOPAS 和 ORPHEUS 系列光学参量放大器 (OPA)、PHAROS 和 CARBIDE 系列二极管泵浦固态飞秒激光器。PHAROS 是市场上功能最齐全的飞秒激光放大器，而超小型、具有成本效益的 CARBIDE 激光器拥有市场领先的输出参数和可靠的设计，受到工业和科学领域客户的青睐。众多采用 PHAROS 激光器的系统在生产线上经过多年的 24/7 全天候服务，佐证了 PHAROS 产品的可靠性。产品主要应用包括各种金属、陶瓷、蓝宝石、玻璃的钻孔和切割，以及材料烧蚀（用于质谱分析）领域等。我们的客户包括显示器、汽车、LED、医疗器械等行业的核心制造商。除激光放大器外，我们还提供一系列配套的超快产品：谐波模块（提供 515, 343, 257 和 206 nm 的飞秒脉冲）、OPA（产生 ~190 nm 至 ~20 μm 的连续调谐输出）、HARPIA 和 CHIMERA 光谱仪、TiPA 和 GECO 自相关仪。我们所有的设备均可修改和微调，能够满足最严苛的应用。

### 关于我们

来特激光，英文名 Light Conversion（正式名称 UAB MGF "Šviesos konversija"）是一家拥有 190 多名员工的私营企业，总部位于立陶宛首都维尔纽斯。公司于 2014 年建成了技术一流的新工厂，设计、研发以及生产基地都位于此。我们是飞秒光学参量放大器 (OPA) 和非共线 OPA (NOPA) 产品的最大制造商。除了通过分销商销售产品外，我们还为其它主要激光制造商生产 OEM 设备。来特激光在全球安装有 3000 多台系统，奠定了其可靠和创新的超快光学器件生产商的地位。

# 目录

## 超快激光器

	<b>激光器</b>	<b>4</b>
<b>PHAROS</b>	高功率高能量飞秒激光器	4
	自动谐波发生器	7
	工业级光学参量放大器	8
<b>CARBIDE</b>	工业和医疗用飞秒激光器	10
	自动谐波发生器	13
	微加工应用举例	14
	<b>振荡器</b>	<b>20</b>
<b>FLINT</b>	飞秒 Yb 增益振荡器	20

## 科学仪器

	<b>谐波发生器</b>	<b>22</b>
<b>HIRO</b>	谐波发生器	22
<b>SHBC</b>	二次谐波带宽压缩器	24
	<b>光学参量放大器</b>	<b>26</b>
<b>ORPHEUS</b>	共线光学参量放大器	26
<b>ORPHEUS-HP</b>	高功率光学参量放大器	28
<b>ORPHEUS-F</b>	宽带宽光学参量放大器	29
<b>ORPHEUS-N</b>	非共线光学参量放大器	30
<b>ORPHEUS-ONE</b>	中红外共线光学参量放大器	32
<b>ORPHEUS-PS</b>	窄带宽光学参量放大器	33
<b>ORPHEUS twins</b>	两个独立可调光学参量放大器	34
	<b>TOPAS 系列</b>	<b>35</b>
<b>TOPAS</b>	钛：蓝宝石激光光学参量放大器	35
<b>NIRUVIS</b>	频率混合器	36
	<b>光谱仪</b>	<b>38</b>
<b>HARPIA-TA</b>	超快速瞬态吸收光谱仪	38
<b>HARPIA</b>	扩展光谱系统	40
<b>HARPIA-TF</b>	飞秒荧光上转换和 TCSPC 扩展	42
<b>HARPIA-TB</b>	第三光束传输扩展	44
<b>CARPETVIEW</b>	光谱数据分析软件	46
	<b>自相关仪</b>	<b>48</b>
<b>GECO</b>	扫描自相关仪	48
<b>TIPA</b>	单次自相关仪，用于测量脉冲前沿倾斜和脉宽	50
	<b>本地分销商列表</b>	<b>52</b>

# PHAROS

## 高功率高能量飞秒激光器



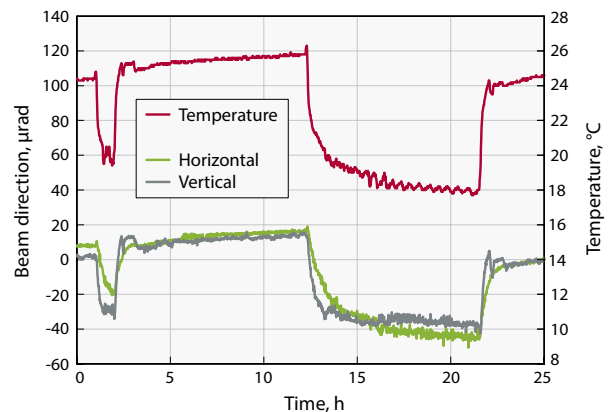
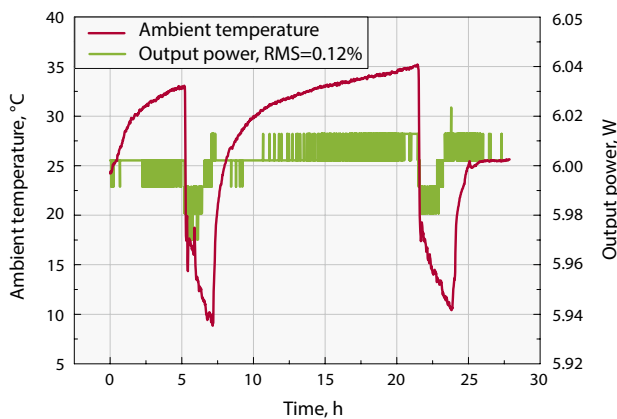
### 特性

- 190 fs – 10 ps 可调脉宽
- 最大脉冲能量 2 mJ
- 最高输出功率 20 W
- 单脉冲 – 1 MHz 可调节重复频率
- 脉冲选择器，用于按需脉冲操作
- 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 )

PHAROS 是一款单一集成飞秒激光系统，拥有毫焦耳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。市场领先的紧凑结构，集成热稳定系统和密封设计，使 PHAROS 可以集成到加工工位。使用固态激光二极管泵浦 Yb 介质，显著降低了维护成本并提供了长久的激光器寿命。

PHAROS 的输出参数基本上均可以通过 PC 根据特定应用，在几秒钟内便可轻松调整激光器进行设置。激光器输出参数可以调谐，使 PHAROS 系统适合通常需要不同类型激光器的应用。可调参数包括：

脉冲持续时间（190 fs – 10 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）。可交付功率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。配有丰富的外部控制接口，可轻松将激光器集成到更大的机构和加工工作站。PHAROS 拥有紧凑牢固的光机设计，包括易于更换的模块，控制温度稳定的密封外壳，确保在不同环境下进行稳定的激光操作。PHAROS 配备了丰富的软件包，确保流畅的自动化操作。



不稳定工作环境对 PHAROS 输出功率的影响

### 规格

型号	PHAROS 6W	PHAROS 10W	PHAROS 15W	PHAROS 20W	PHAROS SP	PHAROS SP 1.5	PHAROS 2mJ
最大平均功率	6 W	10 W	15 W	20 W	6 W		6 W
脉宽 (高斯光束)	< 290 fs				< 190 fs		< 300 fs
脉宽范围	290 fs – 20 ps				190 fs – 10 ps		300 fs – 10 ps
最大脉冲能量	> 0.2 mJ 或 > 0.4 mJ				> 1.0 mJ	> 1.5 mJ	> 2 mJ
光束质量	TEM <sub>00</sub> ; M <sup>2</sup> < 1.2				TEM <sub>00</sub> ; M <sup>2</sup> < 1.3		
基础重复频率	1 kHz – 1 MHz <sup>1)</sup>						
脉冲选择	单脉冲, 按需脉冲, 任意基础频率整除						
中心波长	1028 nm ± 5 nm						
输出脉冲稳定性	< 0.5 % rms <sup>2)</sup>						
功率稳定性	< 0.5 % rms 100 h以上						
前脉冲对比度	< 1 : 1000						
后脉冲对比度	< 1 : 200						
偏振	线偏, 水平						
光束指向稳定性	< 20 μrad/°C						
振荡器输出	可选, 具体参数请联系来特激光						

### 仪器尺寸

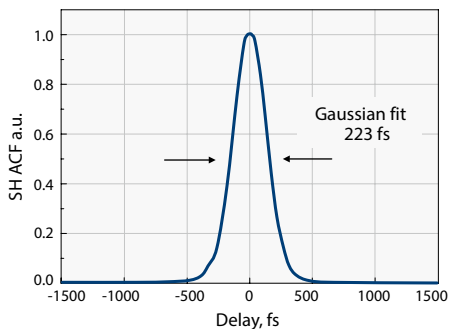
激光器	670 (长) × 360 (宽) × 212 (高) mm
电源箱和水冷机支架	640 (长) × 520 (宽) × 660 (高) mm

### 环境与使用条件

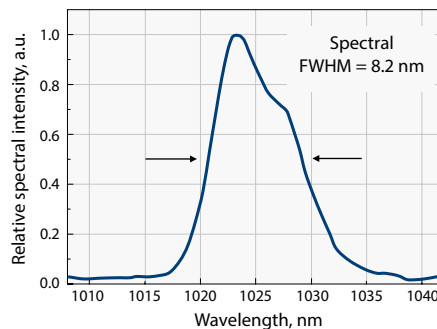
电压电流	110 V AC, 50–60 Hz, 20 A 或 220 V AC, 50–60 Hz, 10 A
工作温度	15–30 °C (建议使用空调)
相对湿度	20–80 % (非冷凝)

<sup>1)</sup> 一些特殊的重复频率因为系统设计不能选择。

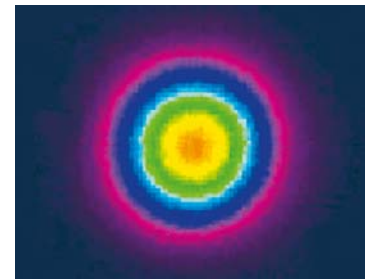
<sup>2)</sup> 在稳定的环境条件下。



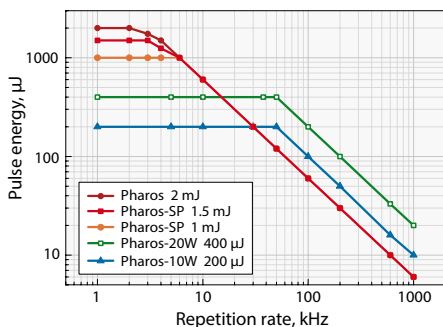
PHAROS 脉宽



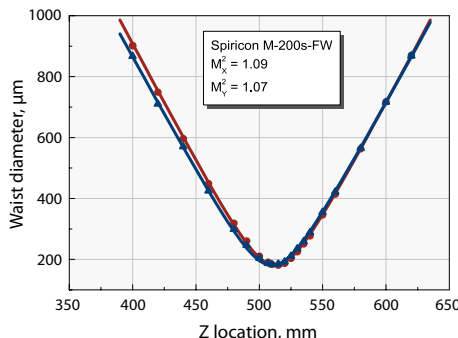
PHAROS 光谱



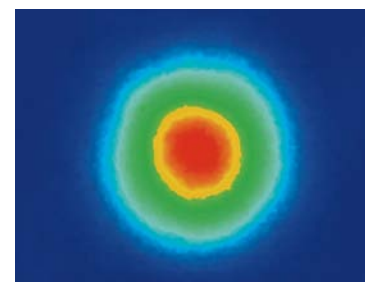
PHAROS 典型远场光斑 (200 kHz)



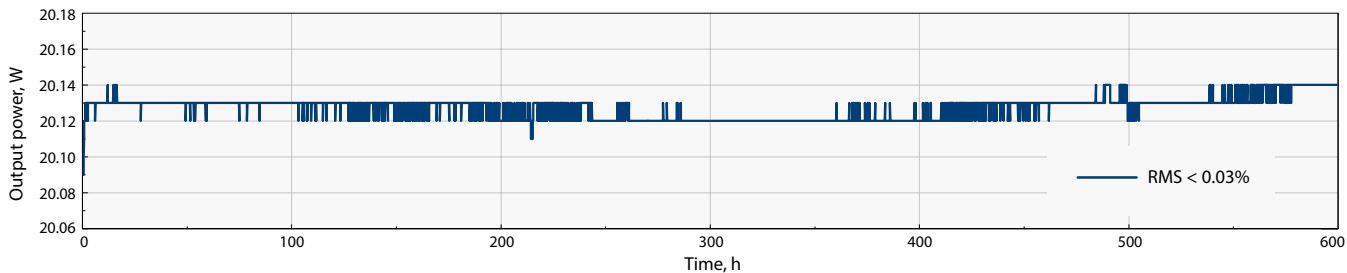
脉冲能量 vs 重复频率



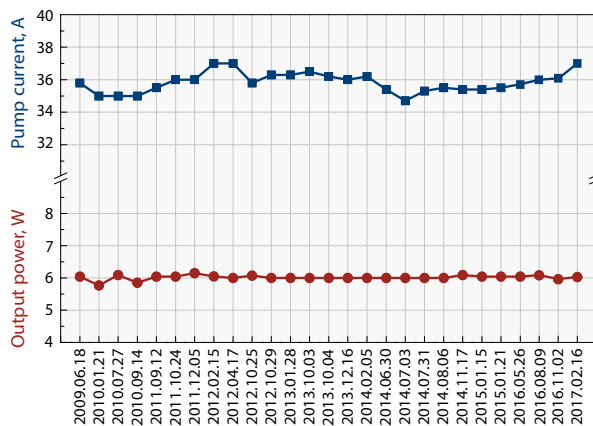
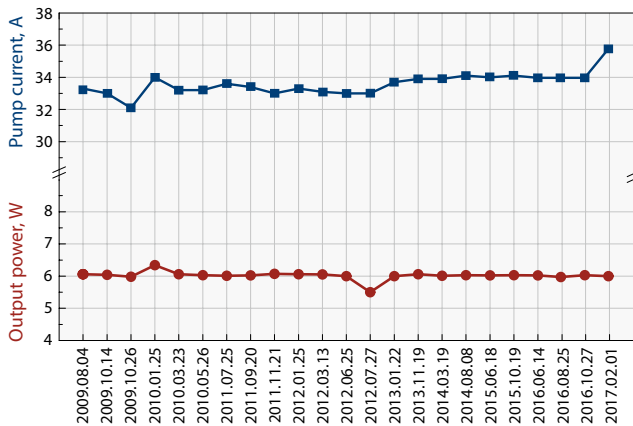
PHAROS 典型 M<sup>2</sup> 参数



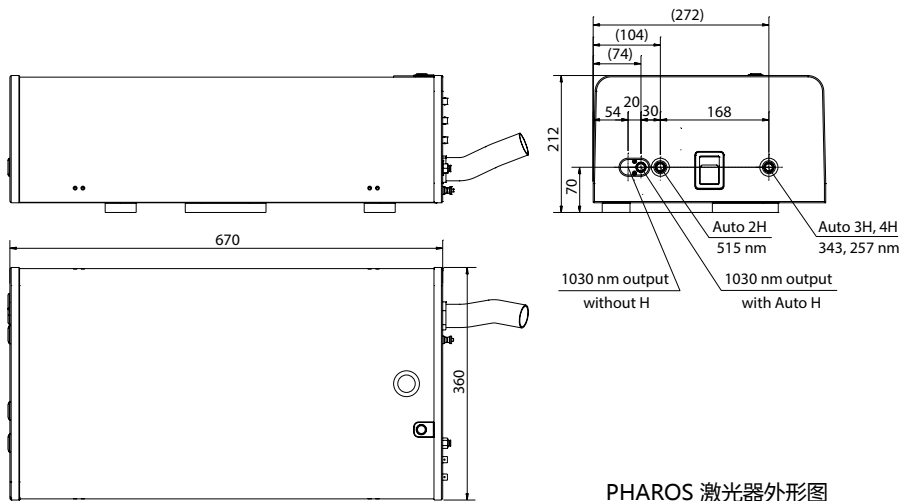
PHAROS 典型近场光斑 (200 kHz)



PHAROS 长时间工作稳定性图表



工业级 PHAROS 输出功率和泵浦二极管电流的全年全天候测试



PHAROS 激光器外形图

# PHAROS

## 自动谐波发生器



### 特性

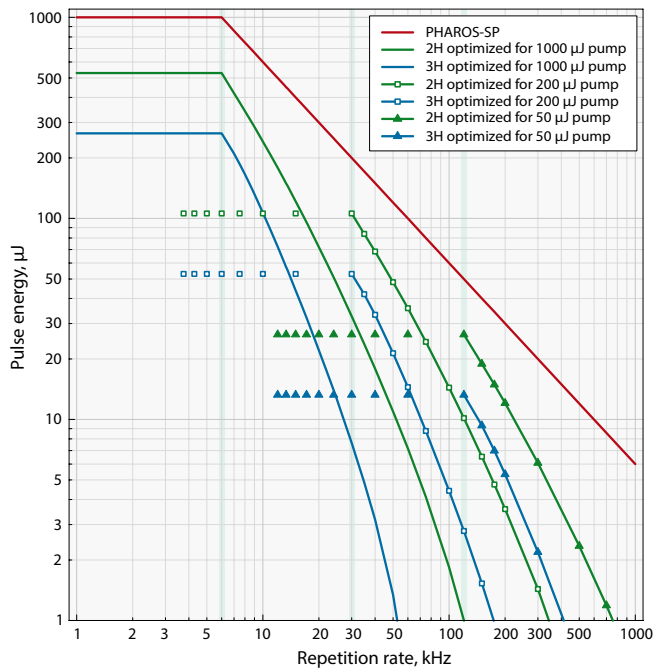
- 515 nm , 343 nm , 257 nm 和 206 nm
- 软件选择输出
- 直接安装在激光头并集成于系统
- 坚固耐用的工业级机械设计

PHAROS 激光器可以配备自动谐波模块选项。可以通过软件选择基础频率 ( 1030 nm ) ，二倍频 ( 515 nm ) ，三倍频 ( 343 nm ) ，四倍频 ( 257 nm ) ，五倍频 ( 206 nm ) 输出。谐波发生器用于需要单一输出波长的工业应用。模块直接安装在激光器输出端，并集成到系统中。

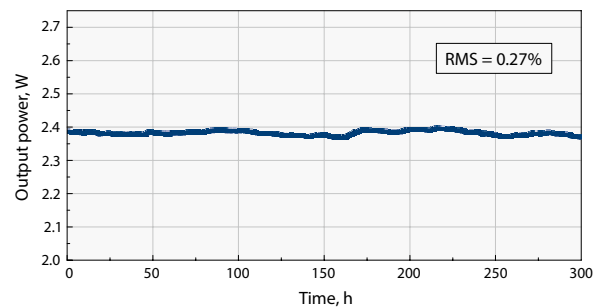
### 规格

型号	2H	2H-3H	2H-4H	4H-5H
输出波长 ( 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
输入脉冲能量	20 – 2000 μJ	50 – 1000 μJ	20 – 1000 μJ	200 – 1000 μJ
泵浦脉宽	190 – 300 fs			
转换效率	> 50 % (2H)	> 50 % (2H) > 25 % (3H)	> 50 % (2H) > 10 % (4H) *	> 10 % (4H) * > 5 % (5H)
泵浦激光束质量 ( M <sup>2</sup> )	< 1.2 / < 1.3 型号决定			
光束质量, ≤400 μJ 泵浦	515 nm: M <sup>2</sup> (泵浦) + 0.1	515 nm: M <sup>2</sup> (泵浦) + 0.1 343 nm: M <sup>2</sup> (泵浦) + 0.2	515 nm: M <sup>2</sup> (泵浦) + 0.1 257 nm: 不适用	不适用
光束质量, >400 μJ 泵浦	515 nm: M <sup>2</sup> (泵浦) + 0.2	515 nm: M <sup>2</sup> (泵浦) + 0.2 343 nm: M <sup>2</sup> (泵浦) + 0.3	515 nm: M <sup>2</sup> (泵浦) + 0.2 257 nm: 不适用	不适用

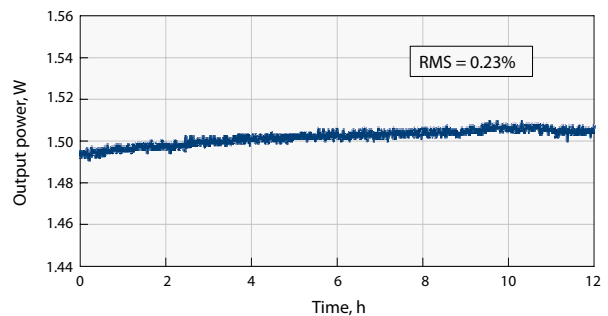
\* 最高 1W 输出功率。



谐波脉冲能量 vs 重复频率



3倍频输出稳定性



4倍频输出稳定性



# PHAROS

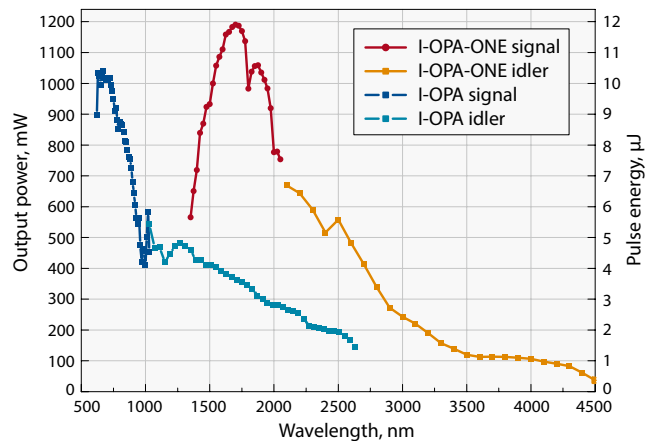
## 工业级光学参量放大器 ( I-OPA )



### 特性

- 基于 ORPHEUS 系列的经验
- 波长手动可调
- 出色的长期稳定性得益于工业级设计
- 体积小巧
- 可选带宽限制或短脉冲配置
- CEP 选件

I-OPA 是由 PHAROS 激光器泵浦的白光连续谱光学参量放大器。此款 OPA 拥有可靠的自动化操作功能，专注于实现长期稳定的输出。可以手动调节输出波长，扩展了单个激光源的应用范围，而不需要配备基于不同技术的多台激光器。与标准的 ORPHEUS 系列产品相比，I-OPA 只缺少了计算机控制的波长选择功能。另一方面，集成化的设计提供了机械稳定性，消除了气流影响，确保了长期稳定的性能，将能量波动控制在最小。



I-OPA 模块的能量转换效率曲线  
泵浦：PHAROS-10W，100 μJ，100 kHz

### PHAROS I-OPA 型号对比

型号	I-OPA	I-OPA-F	I-OPA-ONE	I-OPA-CEP
OPA 原型	ORPHEUS	ORPHEUS-F	ORPHEUS-ONE	-
泵浦脉冲能量	10 – 500 μJ	10 – 400 μJ	20 – 500 μJ	150 – 500 μJ
重复频率		高达 1 MHz		高达 100 kHz
可调范围，信号光	630 – 1030 nm	650 – 900 nm	1350 – 2060 nm	-
可调范围，闲频光	1030 – 2600 nm	1200 – 2500 nm	2060 – 4500 nm	1400 – 2500 nm
转换效率 ( 信号光 + 闲频光 )	> 12 %	> 10 %	> 14 %	> 10 %
脉冲能量稳定性 <2% STD 可达 1 min 以上 <sup>1)</sup>	650 – 950 nm 1150 – 2000 nm	650 – 850 nm 1350 – 2000 nm	1500 – 3500 nm	1400 – 2000 nm
脉冲带宽 <sup>2)</sup>	100 – 150 cm <sup>-1</sup>	200 – 600 cm <sup>-1</sup>	80 – 200 cm <sup>-1</sup>	~ 150 cm <sup>-1</sup>
脉宽 <sup>3)</sup>	150 – 250 fs	30 – 80 fs	200 – 300 fs	< 200 fs
应用举例	微加工 显微镜 光谱仪	非线性显微镜 超快光谱仪	微加工 中红外发生器	OPCPA前端

<sup>1)</sup> 可以为特定波长提供更好的稳定性 ( 例如在 800 nm 下 <1 % STD )。

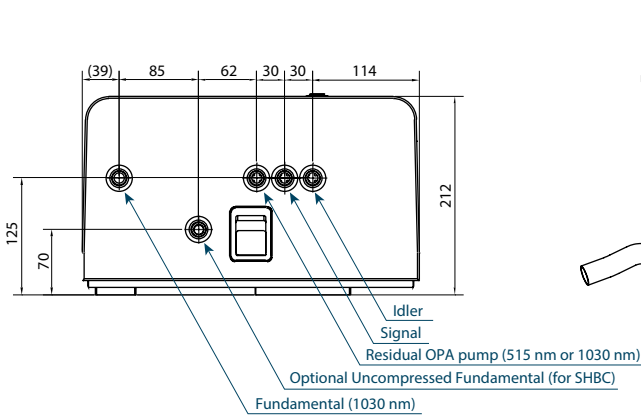
<sup>2)</sup> I-OPA-F 的输出带宽由外部压缩而成。

<sup>3)</sup> 输出脉宽取决于波长和泵浦激光的脉宽。

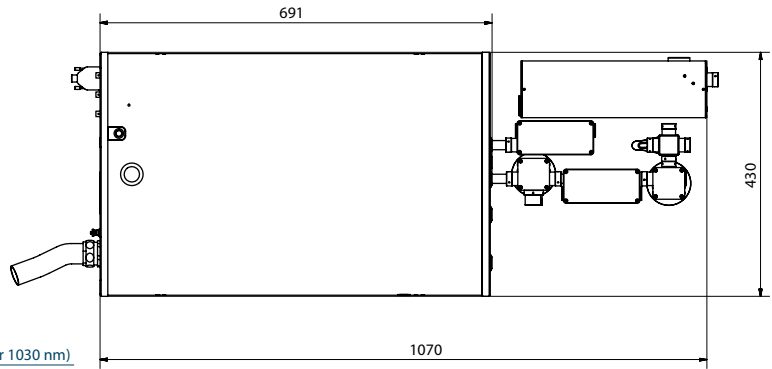
### 同其他飞秒及皮秒激光器的比较

激光技术	我们的解决方案	HG 或 HIRO	I-OPA-F	I-OPA-ONE
脉冲能量测于 100 kHz, 使用 PHAROS-10W 激光器				
准分子激光 ( 193 nm , 213 nm )	PHAROS 5 倍频 ( 205 nm )	5 $\mu$ J	-	-
Ti:Sa 激光 3 倍频 ( 266 nm )	PHAROS 4 倍频 ( 257 nm )	10 $\mu$ J	-	-
Nd:YAG 激光 3 倍频 ( 355 nm )	PHAROS 3 倍频 ( 343 nm )	25 $\mu$ J	-	-
Nd:YAG 激光 2 倍频 ( 532 nm )	PHAROS 2 倍频 ( 515 nm )	50 $\mu$ J	35 $\mu$ J	-
Ti:Sapphire 激光 ( 800 nm )	OPA 输出 ( 750 – 850 nm )	-	10 $\mu$ J	-
Nd:YAG 激光 ( 1064 nm )	PHAROS 输出 ( 1030 nm )	100 $\mu$ J		
Cr:Forsterite 激光 ( 1240 nm )	OPA 输出 ( 1200 – 1300 nm )	-	5 $\mu$ J	-
Erbium 激光 ( 1560 nm )	OPA 输出 ( 1500 – 1600 nm )	-	3 $\mu$ J	15 $\mu$ J
Thulium / Holmium 激光 ( 1.95 – 2.15 $\mu$ m )	OPA 输出 ( 1900 – 2200 nm )	-	2 $\mu$ J	10 $\mu$ J
其他源 ( 2.5 – 4.0 $\mu$ m )	OPA 输出	-	-	1 – 5 $\mu$ J

注：脉冲能量在宽范围泵浦参数中线性放大。例如，与上述参考表相比，PHAROS-20W 激光器在 50 kHz ( 400  $\mu$ J 能量 ) 时输出功率将增加 2 倍，脉冲能量增加 4 倍。在所有情况下，输出端的脉宽小于 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是连续可调的。



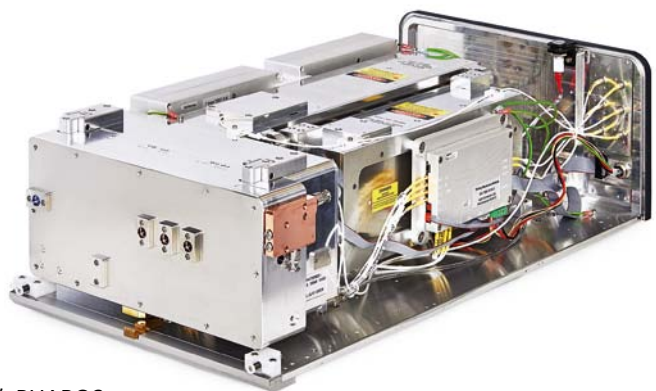
PHAROS, 带 I-OPA 输出接口



PHAROS, 带 I-OPA-F 和信号光和闲频光压缩器



集成 I-OPA 的 PHAROS



new

# CARBIDE

## 工业和医疗用飞秒激光器



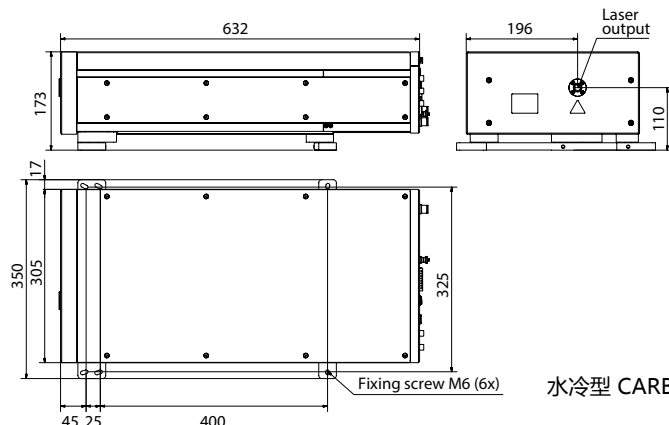
### 特性

- <290 fs – 10 ps 可调脉宽
- 脉冲能量 >400 μJ
- 输出功率 >40 W
- 60 – 1000 kHz 可调基础重复频率
- 脉冲选择器，用于按需脉冲操作
- 坚固耐用的工业级机械设计
- 风冷或者水冷
- 自动谐波发生器 ( 515 nm , 343 nm , 257nm )

我们提供 CARBIDE 工业级飞秒激光器。波长 1028 nm 时输出功率可大于 40 W，最大脉冲能量大于 400 μJ。它继承了前代产品 PHAROS 的所有优点：基础频率在 60 – 1000 kHz（放大器内部时钟）范围可变，内置脉冲选择器，控制脉冲输出，计算机控制的脉冲宽度 290 fs – 10 ps。除常见特性外，CARBIDE 系列还使用了一些新技术。其中最重要的是高出数倍的平均电光转化效率。它还具有新颖的腔体设计，振荡器、展宽/压缩器和放大器集成到单个壳体中，优化了批量生产。此外，还能够快速预热（对于医疗应用十分重要），易于接入泵浦 LD 模块以便更换。腔内脉冲选择器可以降低成本和功耗。高度集成的 LD 驱动和控制电路，以及嵌入式控制计算机，可以降低电磁噪声发射，加快生产阶段的组装流程。不过，CARBIDE 最引人注目的地方是它小

巧的体积，包括集成电源和风冷装置在内，其尺寸仅为 631×324×167 mm（风冷型）和 632×305×173 mm（水冷型），其中水冷型需要外置水冷机。相比于前代产品 PHAROS，CARBIDE 系列的体积缩减了7倍，是目前市场上最袖珍的超快激光器。

CARBIDE 还针对不同的应用要求提供一系列可选组件：经认证的安全开关，光束调节单元（具有可选空间滤光片的光束扩展器），自动衰减器，谐波单元，用于增强对比度的附加脉冲选择器。CARBIDE 系列主要针对工业市场，这一市场需要具有成本效益且平均功率相对较低的超快脉冲解决方案。目前最主要的应用在生物医学领域，比如生物组织处理或者生物医学设备的加工制造。此外，CARBIDE 具有足够的输出能量，可以通过谐波组件和光学参量放大器实现不同波长的转换。



水冷型 CARBIDE 外形图

## 规格

冷却方式	风冷 <sup>1)</sup>		水冷	
最大平均功率	>5 W	>4 W	>40 W	
脉宽 (高斯光束)	<290 fs			
脉宽范围	290 fs – 10 ps			
最大脉冲能量	>85 μJ	>65 μJ	>200 μJ	>400 μJ
基础重复频率 <sup>2)</sup>	60 – 1000 kHz		200 – 1000 kHz	100 – 1000 kHz
脉冲选择	单脉冲, 按需脉冲, 任意基础重复频率的整除			
中心波长 <sup>3)</sup>	1028±5 nm			
光束质量	TEM <sub>00</sub> ; M <sup>2</sup> < 1.2			
脉冲选择器	已包含	已包含, 增强 AOM 对比度 <sup>4)</sup>	已包含	
脉冲选择器漏光	<2 %	<0.1 %	<0.5 %	
输出功率稳定性	<0.5 % rms 至 24 小时以上 <sup>5)</sup>			

### 仪器尺寸

激光头	631 (长) × 324 (宽) × 167 (高) mm	632 (长) × 305 (宽) × 173 (高) mm
电源箱	220 (长) × 95 (宽) × 45 (高) mm	

### 环境与使用条件

电压电流	110 – 220 V AC, 50 – 60 Hz, 可达 300 W
工作温度	17–27 °C (62–80 °F)
相对湿度	< 65 % (非冷凝)

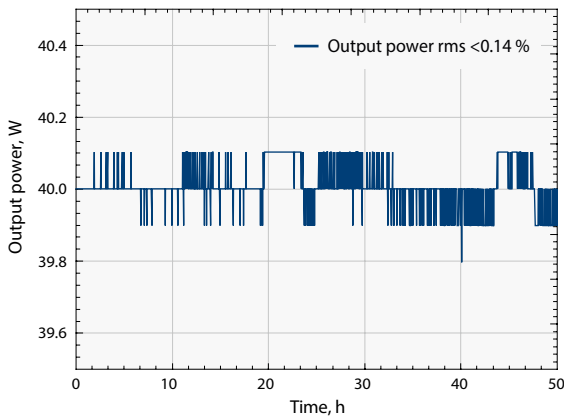
<sup>1)</sup> 水冷版本应要求可提供。

<sup>3)</sup> 亦可实现 2 倍频与 3 倍频输出。

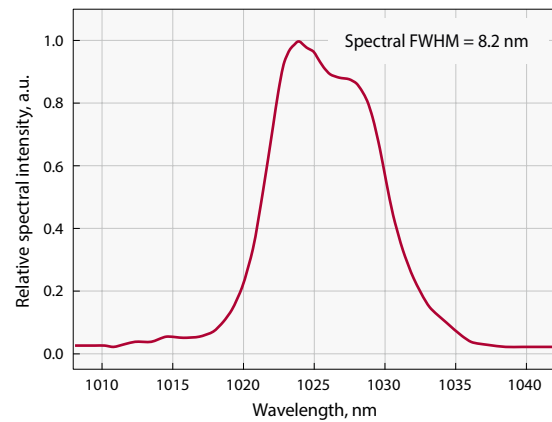
<sup>5)</sup> 在稳定工作环境下。

<sup>2)</sup> 较低的重复频率可通过调节脉冲选择器实现。

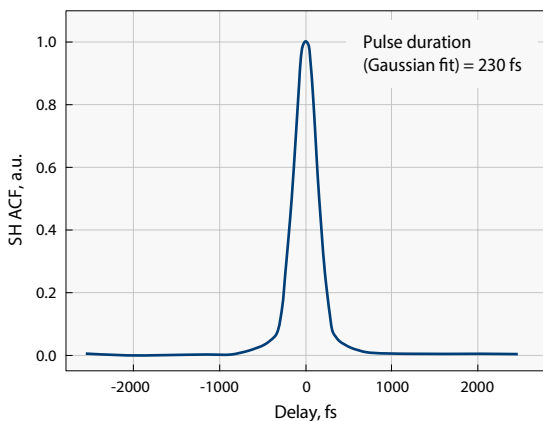
<sup>4)</sup> 提供快速输出脉冲振幅控制。



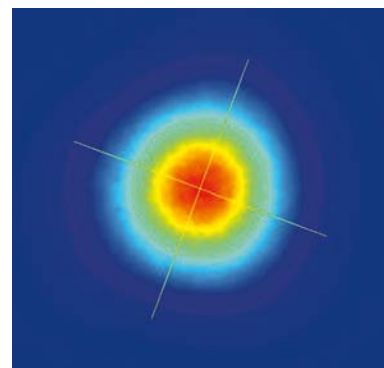
长期功输出率稳定性 (水冷型)



CARBIDE 光谱 (水冷型)



CARBIDE 脉宽 (水冷型)

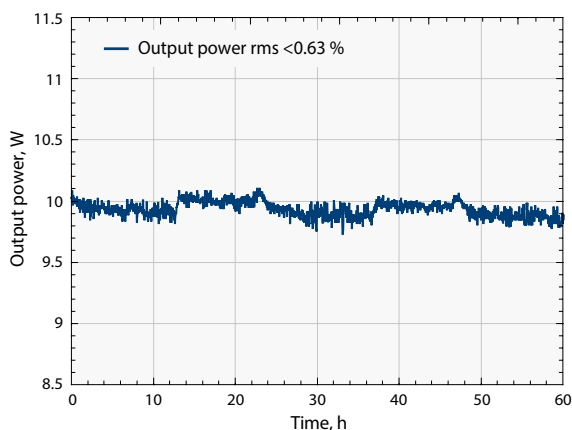


CARBIDE 典型光斑 (水冷型)

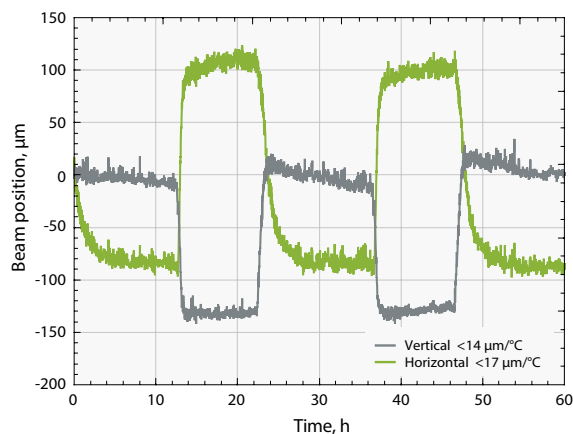
# 风冷型 CARBIDE

## 特性

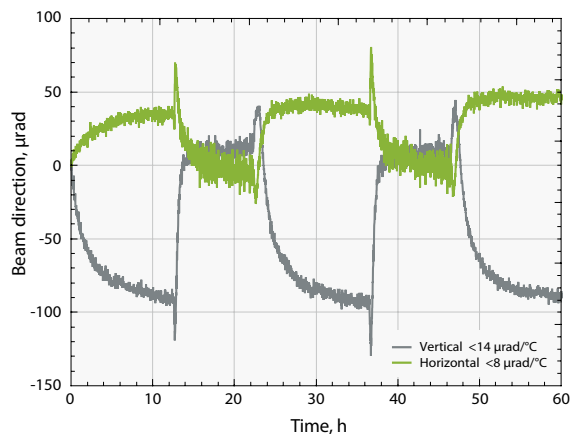
- <290 fs – 10 ps 脉宽可调
- 脉冲能量 >85  $\mu$ J
- 输出功率 >5 W
- 风冷或水冷



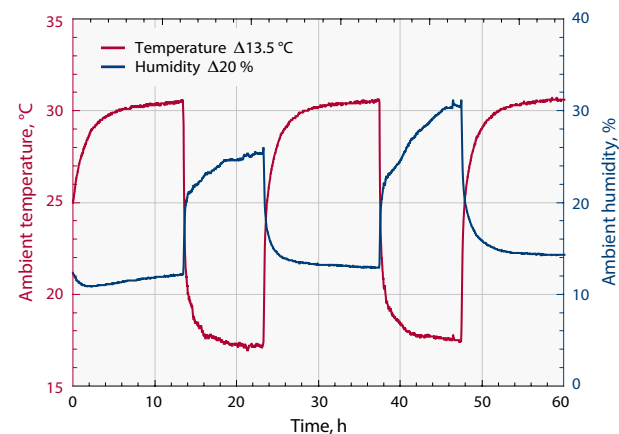
恶劣环境下的输出功率 (风冷型)



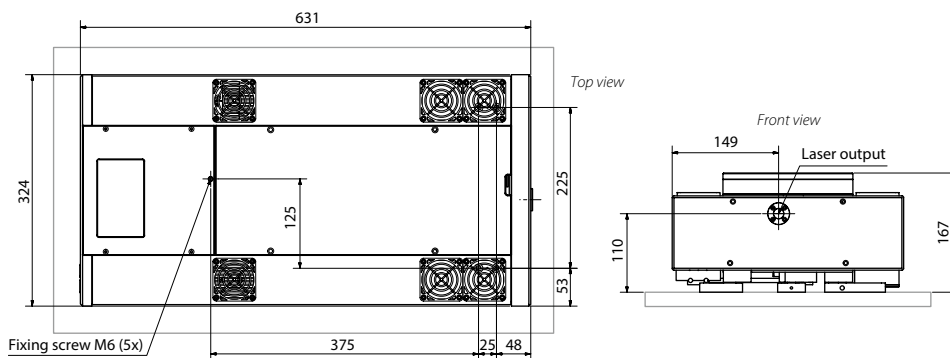
恶劣环境下的光束位置 (风冷型)



恶劣环境下的光束指向 (风冷型)



恶劣环境温度和湿度情况 (风冷型)



风冷型 CARBIDE 外形图

# CARBIDE

## 自动谐波发生器



安装有倍频组件的风冷型 CARBIDE

CARBIDE 激光器可配备可选自动谐波模块。可以通过软件控制选择基础频率 (1030 nm)、二倍频 (515 nm) 三倍频 (343 nm) 和四倍频 (257 nm)

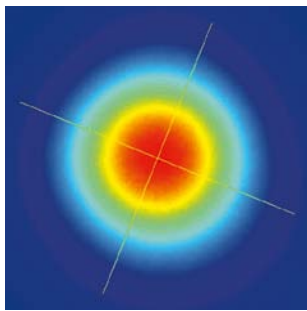
输出。谐波发生器用于需要单一输出波长的工业应用。模块直接安装在激光器输出端，并集成到系统中。

### 规格

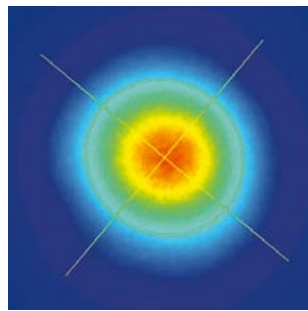
型号	CHM02-1H-2H	CHM01-1H-2H-3H	CHM01-1H-4H
输出波长 (自动选择)	1030 nm 515 nm	1030 nm 515 nm 343 nm	1030 nm 257 nm
输入脉冲能量	20 – 85 μJ		
泵浦脉宽	>300 fs		
转换效率	> 60 % (2H)	> 60 % (2H) > 30 % (3H)	>15% (4H)
光束质量 (M <sup>2</sup> )	< 1.3 (2H)	< 1.3 (2H) < 1.4 (3H)	<1.4 (4H)

### 仪器尺寸

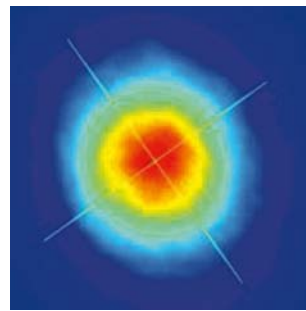
带谐波模块的激光头	751 (长) × 324 (宽) × 167 (高) mm
-----------	--------------------------------



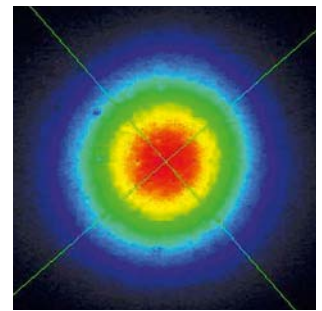
CARBIDE 典型基频光斑  
60 kHz, 5 W



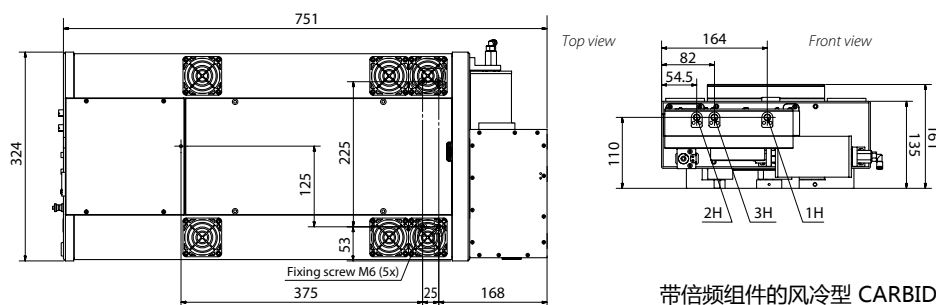
CARBIDE 典型二倍频光斑  
100 kHz, 3.4 W



CARBIDE 典型三倍频光斑  
100 kHz, 2.2 W



CARBIDE 典型四倍频光斑  
100 kHz, 100 mW



带倍频组件的风冷型 CARBIDE 外形图

# 工业应用举例

超快激光器

振荡器

谐波发生器

光学参量放大器

TOPAS 系列

光谱仪

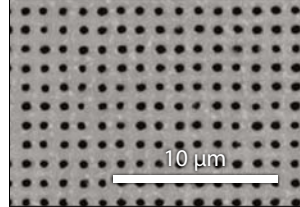
自相关仪

## 钢箔微钻孔

- 无融化
- 微米直径

应用：

- 滤片
- 功能表面

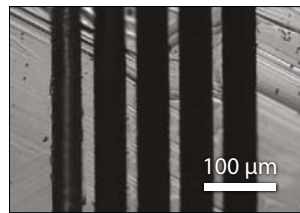


## 金刚石切割

- 低碳化
- 无热影响区
- 低材料损耗

应用：

- 金刚石切割片
- 断屑器加工
- 金刚石纹理/图案加工

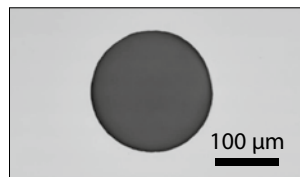


## 玻璃钻孔

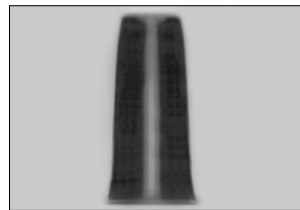
- 具有常规锥角优于 5 度的各种孔径
- 极少的碎片残留

应用：

- 微流控
- VIAs



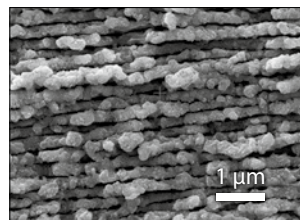
俯视图



横断面视图

## 纳米波纹

- 利用超快激光脉冲生成周期可达 200 nm 的纳米波纹
- 在纳米波纹上生成单个纳米结构，尺寸可达 10–5 nm
- 纳米波纹的周期，占空比，长宽比可控

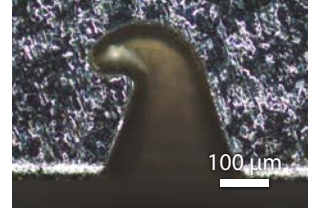


应用：

- 利用表面增强拉曼散射 (SERS) 检测灵敏度增强的材料
- 生物传感，水污染监测，爆炸物检测等

## 金属微加工

- 钢材表面生成 3D 结构
- 高精度及高表面光滑度

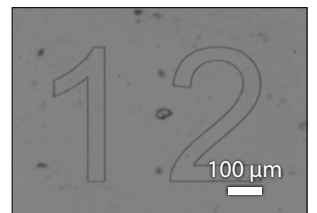


## 隐形眼镜打标

- 在隐形眼镜内打标，有效防止表面及透透镜形变
- 打标精准定位-3D 文本格式

应用：

- 产品防伪保护
- 序列号和客户标识

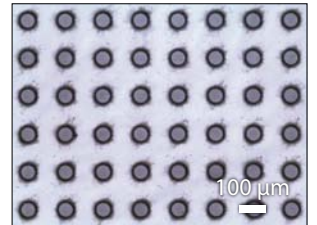


## 玻璃薄膜钻孔

- 锥角可控
- 低热效应
- 孔边无裂纹和碎屑

应用：

- VIAs

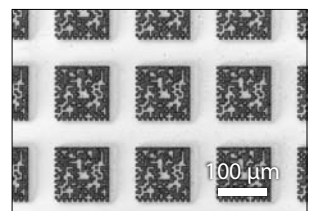


## 二维条码

- 数据可刻于玻璃表面或内部
- 极小尺寸元素，小至 5 μm

应用：

- 产品标记



## 玻璃管钻孔

- 可控的损坏和深度
- 微米级孔径

应用：

- 医学应用
- 活检设备

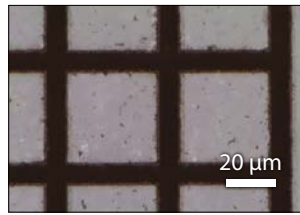


### 铁电陶瓷蚀刻

- 低融化或无热影响区
- 易清理碎片残留
- 高结构质量

应用：

- 相机用红外传感器
- 内存芯片

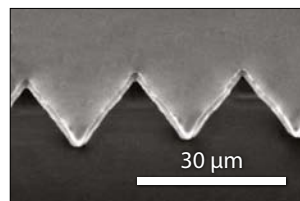


### 激光辅助硅材料蚀刻

- 无热影响区
- 无融化

应用：

- 太阳能电池生产
- 半导体行业

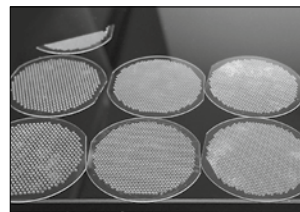


### 分束器图案沉积的掩模

- 硼硅酸盐玻璃
- 150 μm 厚度
- ~900 个孔每张掩模
- 掩模直径 25.4 mm

应用：

- 选择性镀膜

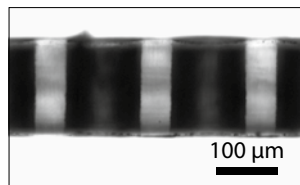
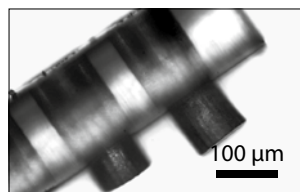


### 支架切割

- 支架壁上的孔，横截面图
- 聚合物支架
- 没有热效应，没有碎片
- 最小的锥度效应

应用：

- 血管外科

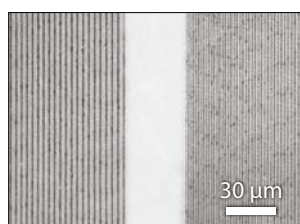


### 结构化蓝宝石表面

- 微米级分辨率
- 大面积加工
- 单脉冲用于在表面生成坑状结构

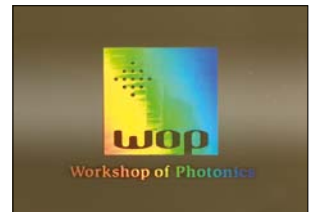
应用：

- LED 中更好的光提取
- 半导体结构生长



### 标记和图案化

- 最小的斑点宽度可达 3 μm
- 微米级定位
- 无热效应



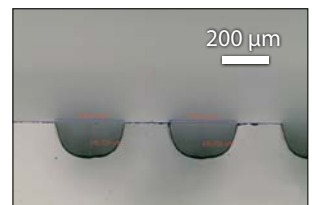
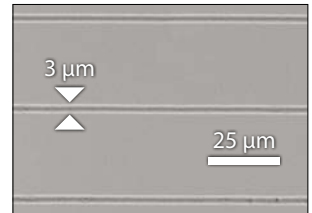
金属

### 微通道加工

- 丰富的可加工材料，从石英到聚合物
- 通道形状可控
- 少碎片残留
- 光滑表面

应用：

- 微流控传感器
- 光波导



### 光纤钻孔至核心

- 直径小于 10 μm
- 多种孔型可能
- 深度和角度可控

应用：

- 光纤传感器
- 材料科学

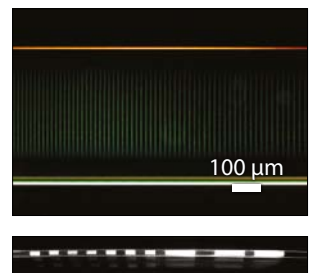


### 光纤散射

- 对光纤强度无影响
- 无表面损伤
- 均匀色散

应用：

- 医用光纤
- 肿瘤科

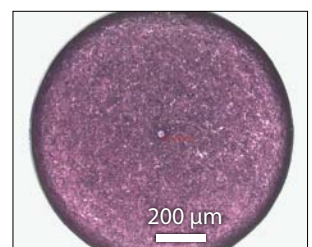


### 合成红宝石的钻孔

- 无裂纹
- 锥角可控

应用：

- 高精机械部件



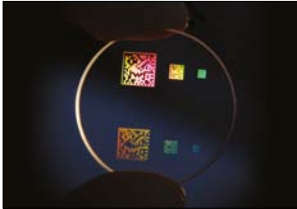


### 玻璃内部加工

- 体积折射率改变
- 布拉格光栅，衍射效率 99%
- 双折射光栅/元件
- 对衬底的材料强度影响小



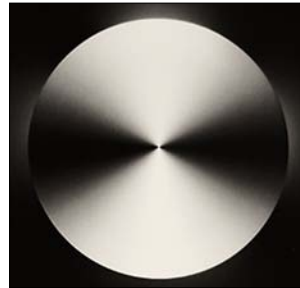
石英内部双折射性的改变，交叉偏正光照片



蓝宝石



玻璃

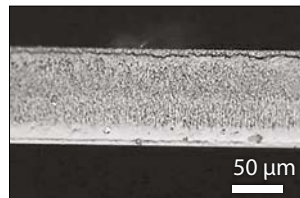


S-waveplate \*

\* M. Beresna, M. Gecevičius, P.G. Kazansky and T. Gertus, Radially polarized optical vortex converter created by femtosecond laser nanostructuring of glass, Appl. Phys. Lett. 98, 201101 (2011).

### 非钢化玻璃切割

- 厚度：0.03 – 0.3 mm
- 刻划后可通过机械或加热分离
- 速度：高达 800 mm/s
- 任意形状
- 圆角
- 表面光滑度：Ra ≤ 2μm



### 蓝宝石切割

- 厚度：100 – 900 μm
- 易分离
- 圆角半径：从 0.5 mm
- 速度：高达 800 mm/s
- 切割质量：Ra ≤ 2 μm
- 无表面裂痕
- 无碎屑
- 无需烧蚀工艺



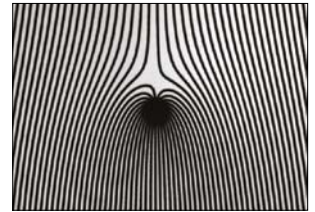
Thickness: 420 μm, clear sapphire

### 选择性金属膜层烧蚀（去除）

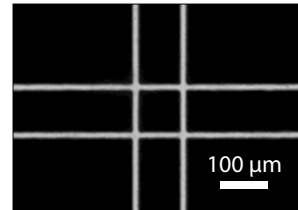
- 从不同表面选择性烧蚀金属膜层
- 烧蚀深度，几何结构可变

#### 应用：

- 光刻掩模制备
- 光束塑形元件
- 光阑
- 其他



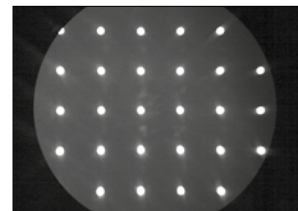
幅度光栅的生成



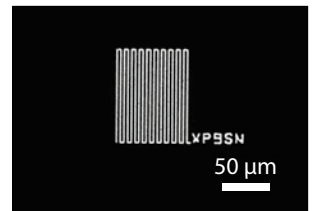
金属钛选择性烧蚀



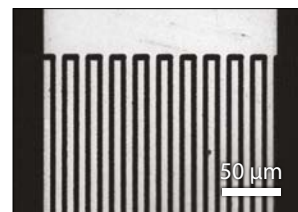
金属铬烧蚀，光束塑形用



光阑阵列制造



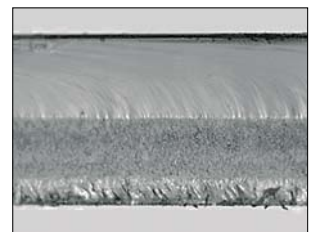
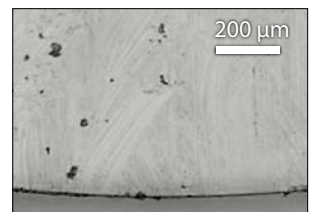
金属金的烧蚀，不损坏 MgO 衬底



玻璃衬底上的铬金属烧蚀

### 钢化玻璃切割

- 单次完成
- 内部损坏（近距离切割）表面完好无损，无碎屑残留
- 切割面同质均匀

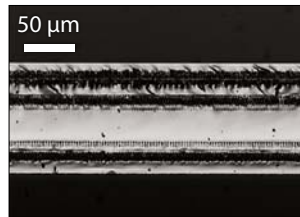
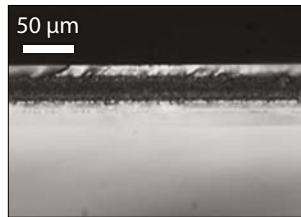
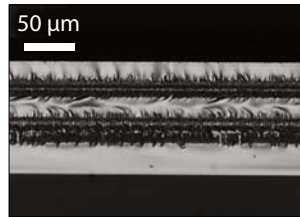
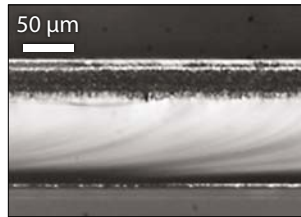
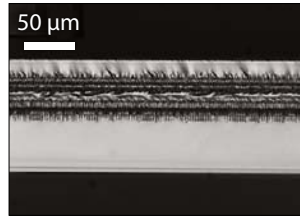
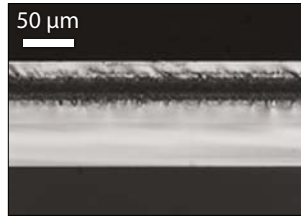
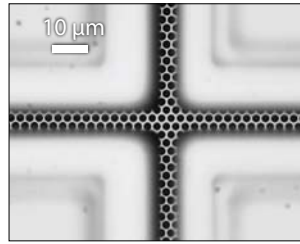


Workshop of Photonics

样品提供商  
Workshop of Photonics  
www.wophotonics.com

### LED 行业蓝宝石切割

- 圆晶厚度 50 – 330  $\mu\text{m}$
- 窄道宽度可达  $\sim 10 \mu\text{m}$
- 弯曲强度 ( 650 – 900 MPa )
- 高光提取效率
- 损坏长度可控
- 易分离
- DBR 镀膜的背面可刻划

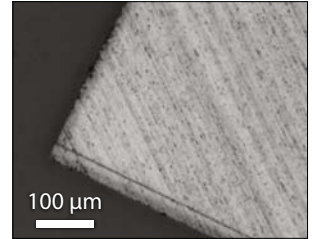
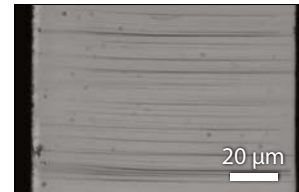
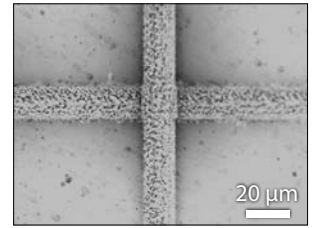


### 碳化硅切割

- 边缘无碎屑
- 切割面表面粗糙度  $< 1 \mu\text{m}$
- 易分离

应用：

- 高功率，高频电子器件



EVANA  
TECHNOLOGIES

样品提供商  
Evana Technologies  
[www.evantech.com](http://www.evantech.com)

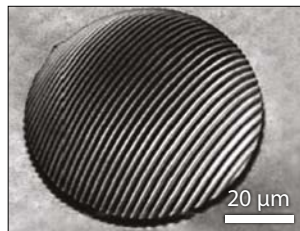
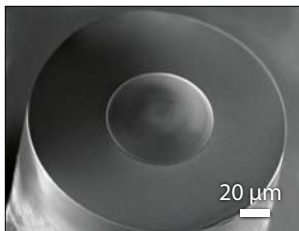
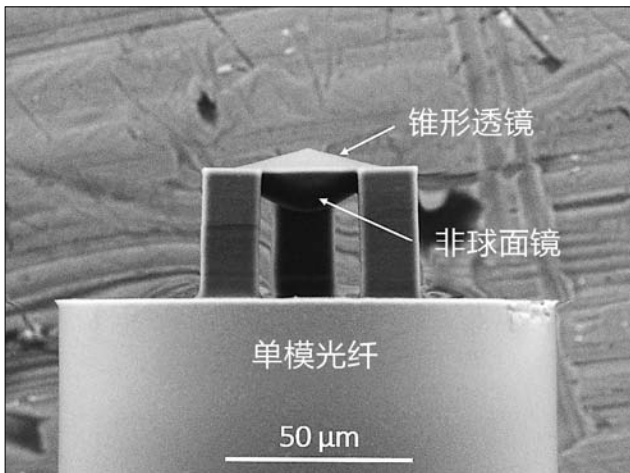
# 多光子聚合

多光子聚合 (MPP) 是一种允许制造空间分辨率为 100 nm 的三维微结构的独特方法。MPP 技术是基于材料对于飞秒激光强聚焦点处的非线性吸收, 从而诱发良好的受限聚合反应。脉宽小于 290 fs 的脉冲在重复频率大于 100 KHz 时, 通过雪崩电离可以很好的对材料进行加工改造, 制造出从混合复合材料到纯蛋白质的材料。

## 微光学中的应用

MPP 中所用的大多数光敏树脂对可见光是透明的, 因此可以直接应用于微光学的各种应用中。材料的各种机械和光学特性可被调节。

实例: 棱镜, 非球面透镜, 光纤顶端的透镜, 多透镜阵列, 涡旋光束发生器, 衍射光学元件等。



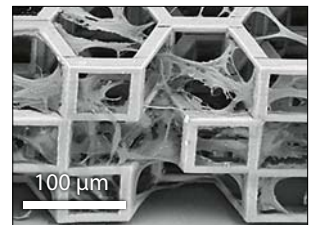
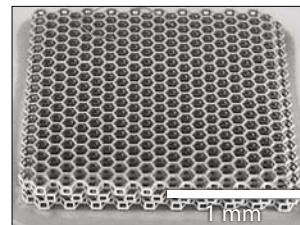
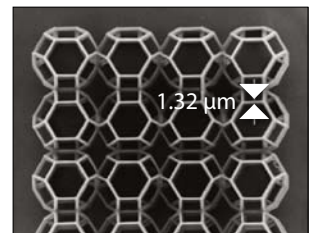
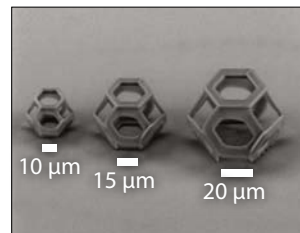
M. Malinauskas et al. Femtosecond laser polymerization of hybrid/integrated micro-optical elements and their characterization. *J. Opt.* 12, 124010 (2010).

M. Oubaha et al. Novel tantalum based photocurable hybrid sol-gel material employed in the fabrication of channel optical waveguides and three-dimensional structures, *Appl. Surf. Sci.* 257(7), 2995–2999 (2011).

## 生物技术和再生医学中的应用

MPP 技术可以在生物相容性甚至可生物降解的材料中实现, 因此它是再生医学研究和应用的理想平台。

实例: 用于细胞生长和组织工程的 3D 聚合物支架, 药物递送装置, 微流控装置, 细胞毒素元件。

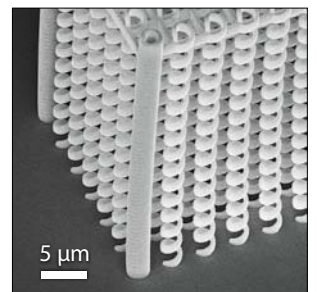
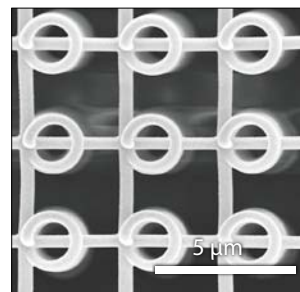


M. Malinauskas et al. 3D artificial polymeric scaffolds for stem cell growth fabricated by femtosecond laser. *Lithuanian J. Phys.*, 50 (1), 75-82, (2010).

## 光子光学中的应用

高度可重复且稳定性的技术工艺使其可以制造丰富的光子晶体器件, 从而在微米量级控制材料的空间和时间特性。

实例: 光子晶体空间滤波器, 超准直器, 结构颜色等。



V. Maigyte et al. Flat lensing in the visible frequency range by woodpile photonic crystals, *Opt. Lett.* 38(14), 2376 (2013).

V. Purlys et al. Spatial filtering by chirped photonic crystals, *Phys. Rev. A* 87(3), 033805 (2013).

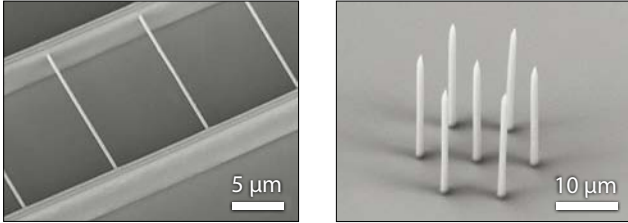
V. Purlys et al. Super-collimation by axisymmetric photonic crystals, *Appl. Phys. Lett.* 104(22), 221108 (2014).

V. Mizeikis et al. Realization of Structural Colour by Direct Laser Write Technique in Photoresist, *J. Laser Micro Nanoen.* 9(1), 42 (2014).

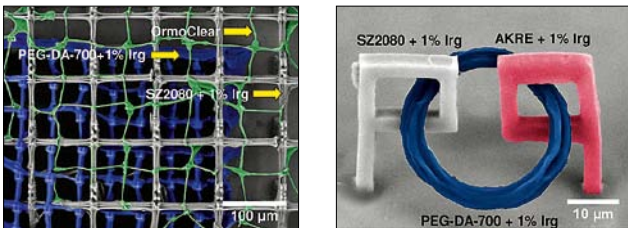
### 微机械中的应用

通过 MPP 技术，用户能够创造出具有丰富的物理，化学，生物特性的，多维度且多材料的 3D 结构。

实例：悬臂，阀门，可控孔径的微孔过滤器，机械开关。<sup>1)</sup>



多元结构举例。<sup>2)</sup>

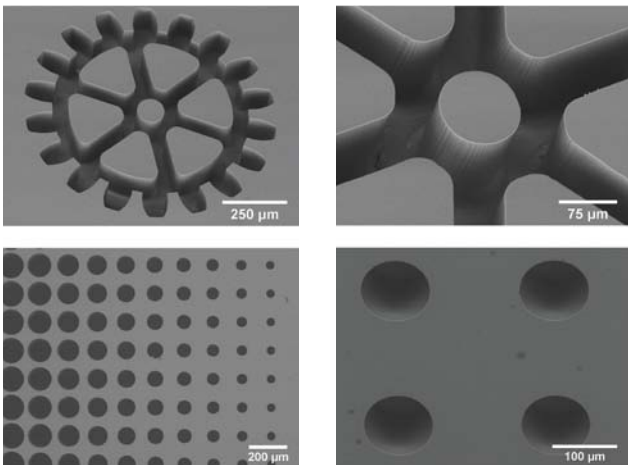


<sup>1)</sup> V. Purlys, Three-dimensional photonic crystals: fabrication and applications for control of chromatic and spatial light properties, Ph.D. Thesis, Vilnius University: Lithuania (2015).

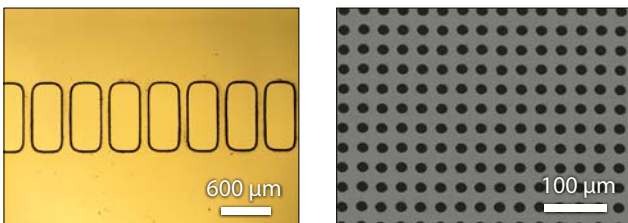
<sup>2)</sup> M. Malinauskas et al. Ultrafast laser processing of materials: from science to industry, Light: Sci. Appl., to be published, (2015).

### 激光辅助选择性刻蚀

可应用于微光学，微机械，医学工程等。



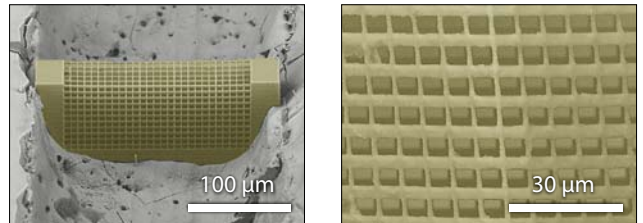
### 激光烧蚀



## 混合微制造

### 烧蚀和光刻

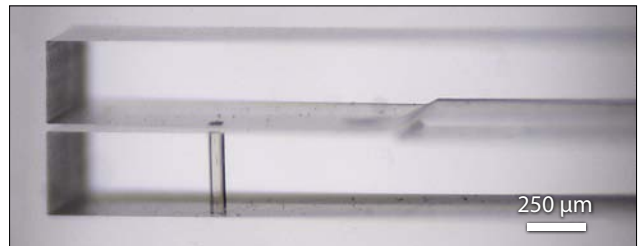
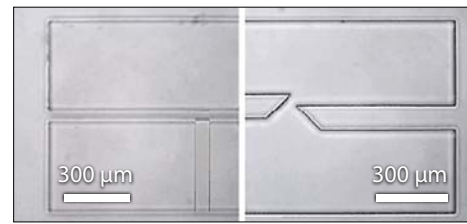
激光烧蚀允许快速生产玻璃通道，而三维激光光刻用于在通道内集成精细网格滤波器。然后整个系统通过激光焊接密封。



Jonušauskas et al., Opt. Eng. 56(9), 094108 (2017).

### 蚀刻和聚合

结合选择性激光蚀刻和光聚合，可以制造用于传感应用的悬臂梁。



Tičkūnas et al., Opt. Express, 25(21), 26280-26288 (2017).



科研咨询  
 mangirdas.malinauskas@ff.vu.lt  
 www.lasercenter.vu.lt



生产工具咨询  
 info@femtika.lt  
 www.femtika.lt

# FLINT

## 飞秒 Yb 增益振荡器



### 特性

- Sub-80 fs 脉冲，无需额外脉冲压缩器
- 最大脉冲能量为 125 nJ
- 输出功率 10 W
- 76 MHz 标准重复频率
- 几乎没有放大自发辐射
- 坚固耐用的工业级机械设计
- 自动谐波发生器 (515 nm)
- 可选 CEP 稳定器
- 可锁定至外部时钟

FLINT 振荡器基于 Yb 晶体，由高亮度激光二极管模块泵浦。由克尔透镜锁模产生飞秒脉冲。一旦开始，锁模在长时间内保持稳定，并且免受微小机械冲击的影响。

定制的振荡器可以装配压电驱动器，以便控制腔体长度。此外，FLINT 振荡器还可以配备载波包络相位 (CEP) 稳定系统。

### 规格

型号	FLINT 1.0	FLINT 2.0	FLINT 4.0	FLINT 6.0	FLINT 10	FLINT SP
最大平均功率	> 1 W	> 2 W	> 4 W	> 6 W	> 10 W <sup>1)</sup>	> 600 mW
脉宽 (高斯光束)	< 80 fs		< 100 fs		< 120 fs	< 40 fs
脉冲能量	> 12 nJ	> 25 nJ	> 50 nJ	> 75 nJ	> 125 nJ	> 7 nJ
重复频率	76 ± 0.5 MHz <sup>2)</sup>					
中心波长	1035 ± 10 nm <sup>3)</sup>					
输出脉冲稳定性	< 0.5 % rms 至 24 小时以上 <sup>4)</sup>					
偏振	线偏，水平					
光束指向稳定性	< 10 μrad/°C					
光束质量	TEM <sub>00</sub> ; M <sup>2</sup> < 1.2					
可选集成 2H 发生器	转换效率 > 30 % @ 517 nm					

### 仪器尺寸

激光头	430 (长) × 195 (宽) × 114 (高) mm
激光头，带二次谐波	442 (长) × 270 (宽) × 114 (高) mm
电源和冷却机架 (4HU, 19")	640 (长) × 520 (宽) × 420 (高) mm
冷却器 (< 100 W)	不同配置

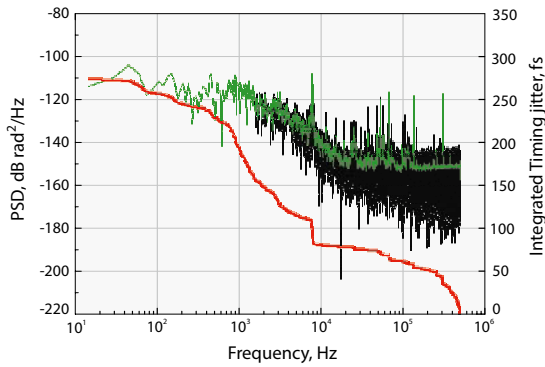
### 环境与使用要求

电压电流	110 V AC, 50–60 Hz, 2 A or 220 V AC, 50–60 Hz, 1 A
室内温度	15–30 °C (建议使用空调)
相对湿度	20–80 % (非冷凝)

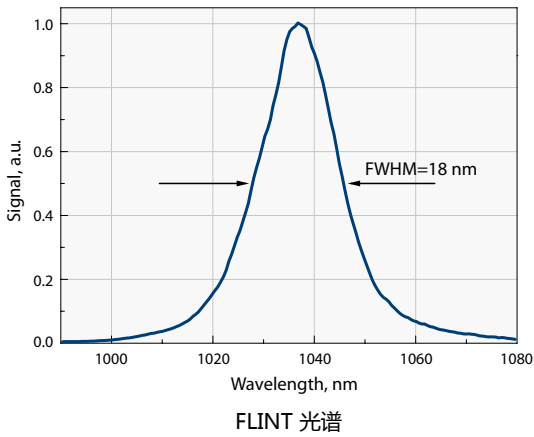
- <sup>1)</sup> 可提供更高的功率。请联系来特激光了解更多信息。
- <sup>2)</sup> 64 MHz 到 84 MHz 的范围内可获得其它重复频率。
- <sup>3)</sup> 对于定制振荡器，可以指定中心波长，公差 ±2 nm。
- <sup>4)</sup> 环境稳定下可使用功率锁定功能。

### 将光脉冲锁定到外部信号

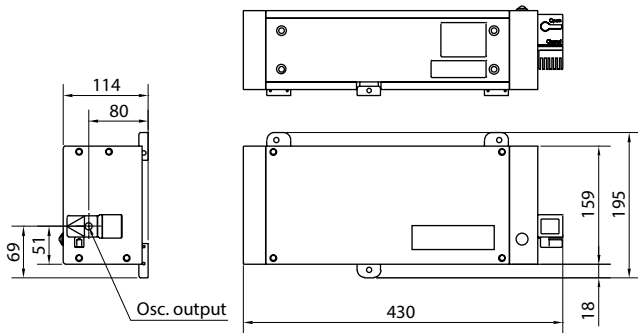
PHAROS 振荡器可以装配压电驱动器，精确控制腔体长度。



10 Hz – 500 kHz 频率范围内振荡器脉冲和外部时钟信号之间的定时抖动



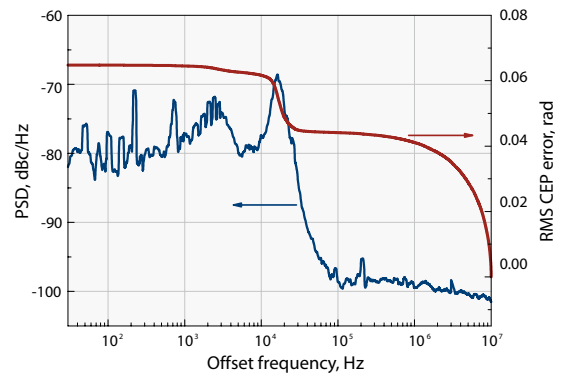
FLINT 光谱



FLINT 尺寸

### 载波包络相位 ( CEP ) 稳定化

PHAROS 振荡器可以配备非线性干涉仪和激光二极管泵浦电流反馈环路，实现 CEP 稳定。右图显示了功率谱密度和集成 CEP 相位误差的典型测量值。积分相位误差在 50 Hz 至 10 MHz 的频率范围内小于 70 mrad ( 环路测量 )。

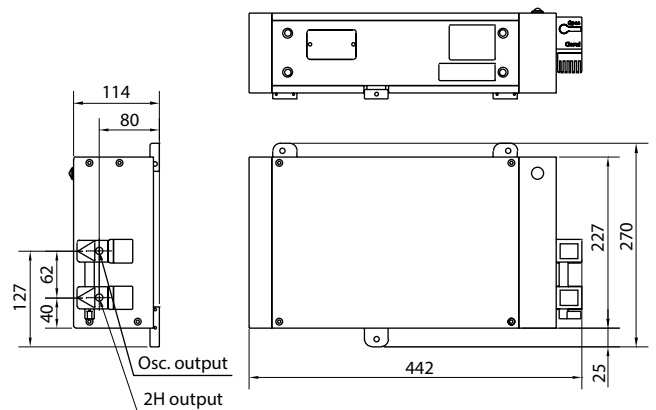


$f_{ceo}$  相位噪声 ( 环路 ) 单边功率频谱密度和积分相位抖动

### 可选器件

谐波发生器 HIRO

见 p. 22



FLINT 尺寸 ( 带二次谐波发生器 )

# HIRO

## 谐波发生器



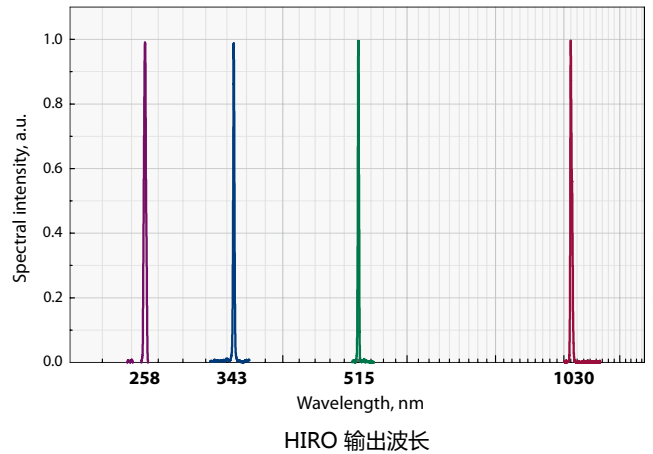
### 特性

- 515 nm, 343 nm 和 257 nm
- 轻松切换有源谐波
- 可提供同步输出
- 谐波的综合分离
- 固定方式灵活, 易于定制, 可包含额外选项 (连续谱发生器、扩束器、下准直器)

HIRO 是 PHAROS 激光器和 FLINT 振荡器的重要选择, 可在 515 nm、343 nm 和 258 nm 波长提供高功率谐波辐射。我们提供若干标准 HIRO 型号 (未来可以升级), 满足大多数用户的需求。手动旋转旋钮可选择有源谐波, 由于其独特的布局和壳体结构, 改变谐波只需几秒钟时间。

HIRO 是市场上定制性最高并且可以升级的谐波发生器。经简单改装后, 可以提供白光连续谱、分束/扩展/向下准直选项, 以及谐波分束, 可同时提供三个谐波。所有这些功能均集成于一个腔体内。

如需定制 HIRO, 请联系来特激光。



### HIRO 型号

型号	倍频谐波	输出波长
PH1F1	2H	515 nm
PH1F2	2H, 4H	515 nm, 258 nm
PH1F3	2H, 3H	515 nm, 343 nm
PH1F4	2H, 3H, 4H	515 nm, 343 nm, 258 nm
PH_W1	2H, 3H, 4H, WLG	谐波和连续白光的任意组合

可根据要求提供剩余的基本辐射。

### 规格

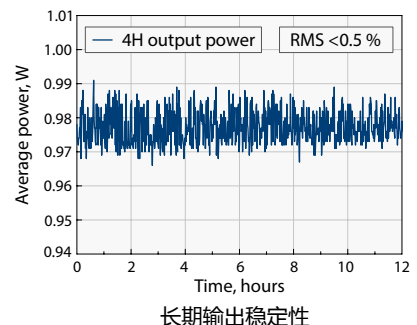
在重复频率达到 200 kHz 时, 谐波转换效率定义为泵浦输入功率与能量的百分比。

倍频谐波	不同型号 HIRO 的转换效率		输出偏振光
	PH1F1, PH1F2	PH1F3, PH1F4	
2H	>50 %	>50 % <sup>1)</sup>	H (V <sup>2)</sup> )
3H	-	>25 %	V (H <sup>2)</sup> )
4H	>10 %	>10 % <sup>1) 3)</sup>	V (H <sup>2)</sup> )

<sup>1)</sup> 在没有使用三倍频的情况下。

<sup>2)</sup> 可选, 根据需求。

<sup>3)</sup> 最大 1 W。



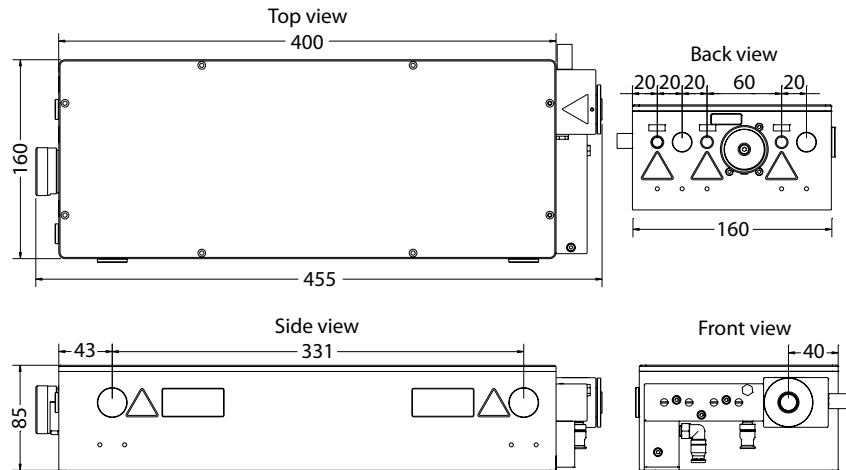
## 谐波发生器

FLINT 振荡器可配备可选波长转换器 HIRO，提供 517 nm，345 nm 和 258 nm 波长的谐波辐射。

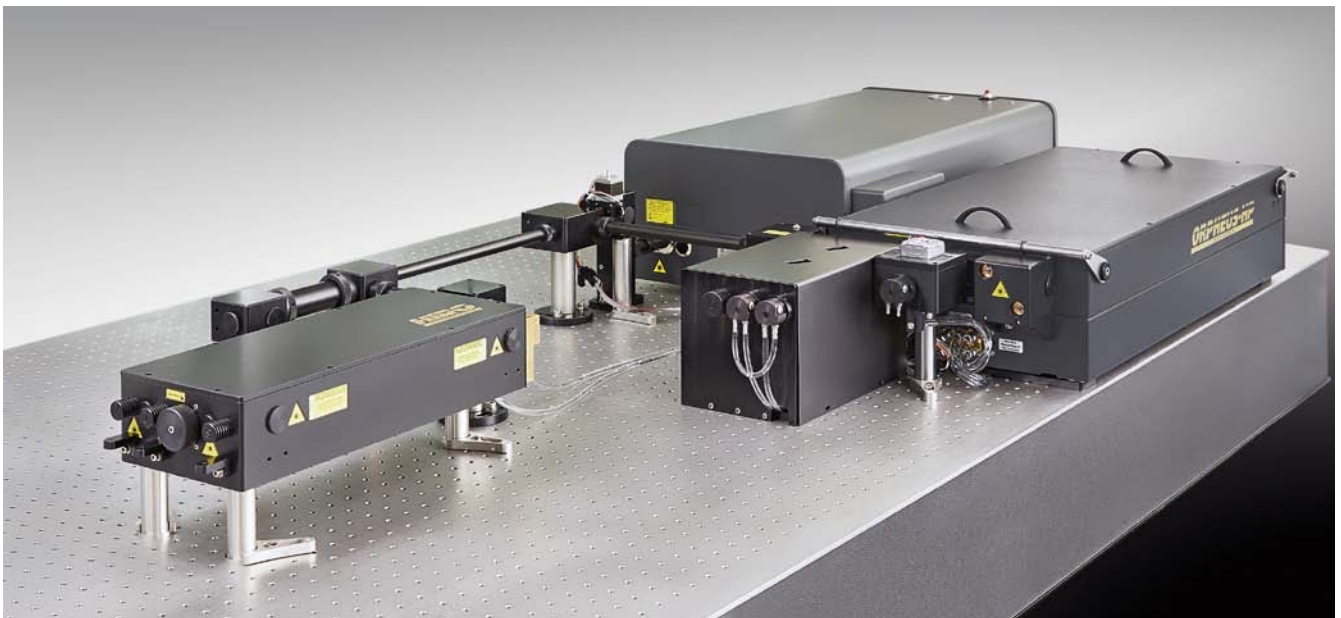
倍频谐波	2H	3H	4H
输出波长	517 nm	345 nm	258 nm
转换效率	>35 %	>5 %	>1 %

## 尺寸 (所有 HIRO 型号)

	宽 × 长 × 高
通用外壳尺寸	160 × 455 × 85 mm
建议安装区域面积	255 × 425 mm
光束控制/截取	55 × 150 × 75 mm



HIRO 外壳尺寸，带水冷系统，输入输出接口位置 (mm)



实验室中的 HIRO，PHAROS 和 ORPHEUS-HP



**SHBC**

## 二次谐波带宽压缩器

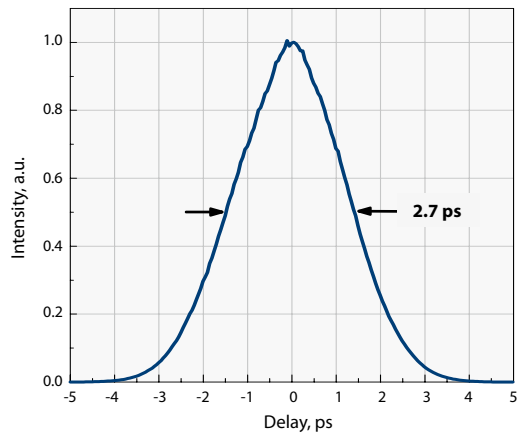


### 特性

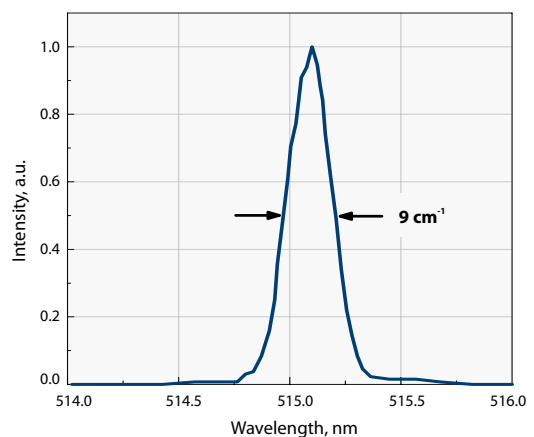
- 窄带宽二倍频高转换效率
- 体积小巧

PHAROS 谐波发生器系列产品的主要特点在于其二次谐波带宽压缩器，缩写为 SHBC。该器件专门用于将超快激光器的宽带输出变为窄带皮秒脉冲。

在 PHAROS 平台中，SHBC 的作用是创建灵活的设置，提供固定波长或可调谐窄带皮秒脉冲以及可调谐波长宽带飞秒脉冲。此特性可用于光谱应用中的宽带和窄带脉冲混合，例如和频光谱（SFG）。此设置可有效生成二次谐波，从而提供高脉冲能量。



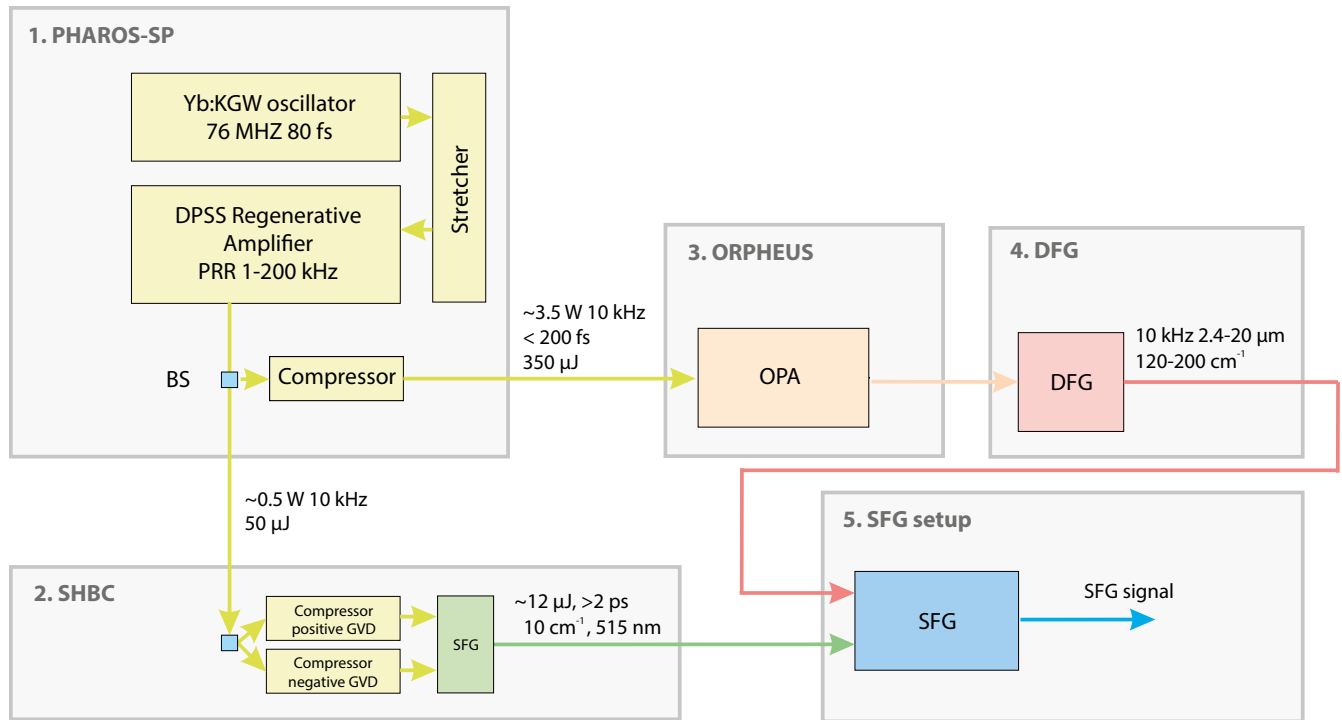
典型 SHBC 输出脉宽



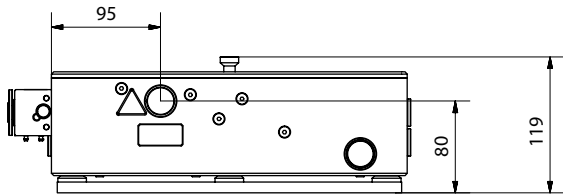
典型 SHBC 输出光谱

### 规格

参数	值
泵浦源	PHAROS 激光器, 1030 nm, 70–120 cm <sup>-1</sup>
输出波长	515 nm
转换效率	> 30 %
输出脉冲带宽	< 10 cm <sup>-1</sup>

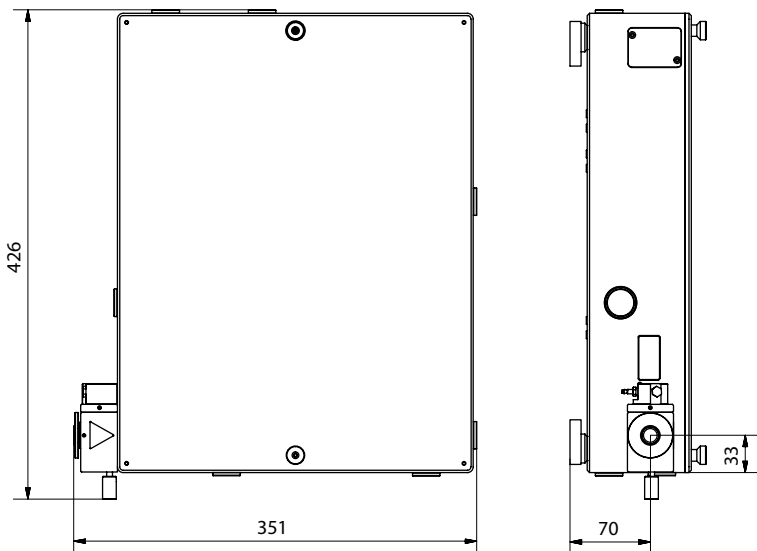


飞秒和频 (SFG) 光谱系统主要布局, 使用 SHBC 生成探测光束



### 尺寸

	宽 × 长 × 高
通用外壳尺寸	351 × 426 × 119 mm
建议安装区域面积	400 × 450 × 150 mm



# ORPHEUS

## 共线光学参量放大器



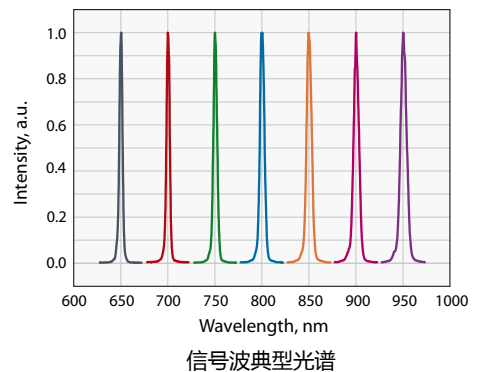
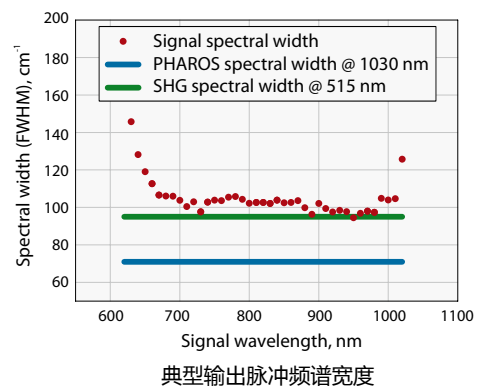
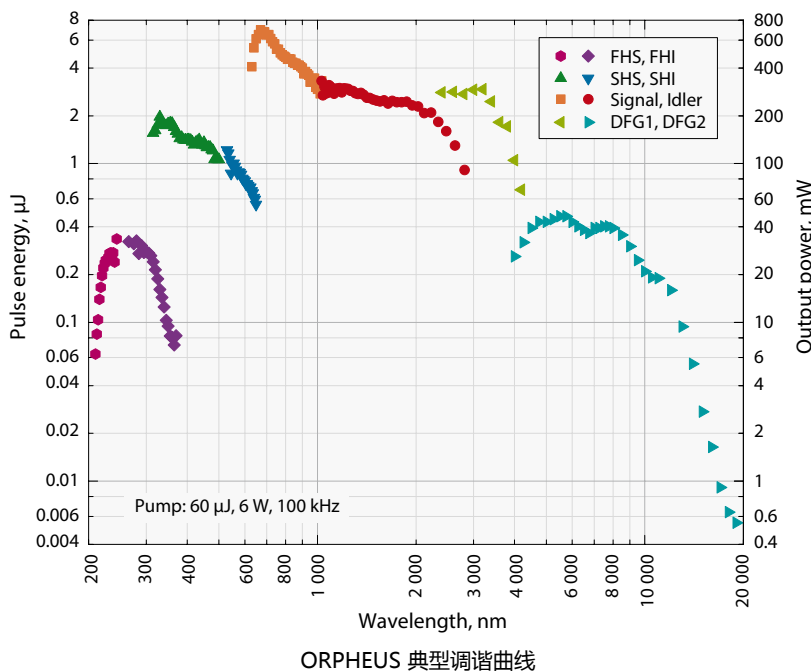
### 特性

- 210 nm – 16000 nm 可调谐波长
- 单脉冲 – 1 MHz 重复频率
- 最高 8 W 泵浦功率
- 最高 0.4 mJ 泵浦能量 (可按要求定制 2 mJ 能量)
- 电脑控制

ORPHEUS 是一款白光连续谱共线光学参量放大器，由飞秒掺镱激光放大器泵浦。ORPHEUS 可以在高重复频率下工作，并继承了 TOPAS 系列放大器的最佳特性：整个调谐范围内输出脉冲的高稳定性，高输出光束质量，通过 USB 端口全电脑控制，以及可选混频器，可将调谐范围从紫外扩展到中红外范围。

ORPHEUS 同时提供可调谐 OPA 输出 (630 – 2600 nm)，同时还可提供剩余二次谐波 (515 nm) 和基频 (1030 nm) 光束。

飞秒脉冲、高功率可调谐输出与灵活的多千赫兹重复率，使 PHAROS 和 ORPHEUS 的串联成为多光子显微镜、微加工和光谱学应用的宝贵工具。单个 PHAROS 激光器可泵浦多个 ORPHEUS，提供独立光束的波长协调。



规格<sup>1)</sup>

	<b>ORPHEUS OPA</b>
要求的泵浦激光	PHAROS 或 CARBIDE 激光器
调谐范围	630 – 1020 nm (信号光) 和 1040 – 2600 nm (闲频光)
集成的二倍频 (515 nm) 发生器转换效率	>40 %
调谐曲线峰值的转换效率, 信号光和闲频光总效率	>12 %, 当泵浦能量 20 – 400 $\mu\text{J}$ <sup>2)</sup> >6 %, 当泵浦能量 8 – 20 $\mu\text{J}$
脉冲能量稳定性	2 % rms @ 700 – 960 nm 和 1100 – 2000 nm
脉冲带宽	80 – 120 $\text{cm}^{-1}$ @ 700 – 960 nm, PHAROS 泵浦 120 – 220 $\text{cm}^{-1}$ @ 700 – 960 nm, PHAROS-SP 泵浦
脉宽	150 – 230 fs, PHAROS 泵浦 120 – 190 fs, PHAROS-SP 泵浦
时间-带宽积	< 1.0
集成的微型光谱仪 <sup>3)</sup>	波长范围: 650 – 1050 nm, 分辨率: $\sim 1.5$ nm

<sup>1)</sup> 转换效率指定为 ORPHEUS 输入功率的百分比。

<sup>2)</sup> 高能型 ORPHEUS-HE 泵浦能量高达 2 mJ 可用。

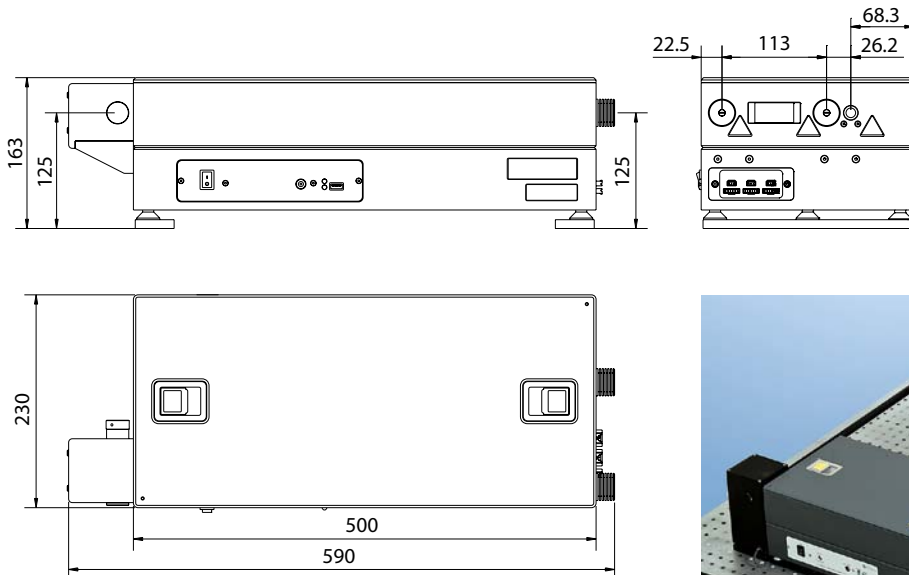
<sup>3)</sup> 只限 ORPHEUS-HP。

## 波长扩展 (210 – 630 nm 和 2200 – 16000 nm)

调谐范围	峰值转换效率 <sup>1)</sup>
315 – 510 nm (信号光 SH)	峰值时 > 3 % @ 20 – 400 $\mu\text{J}$ <sup>2)</sup> 峰值时 > 1.2 % @ 8 – 20 $\mu\text{J}$
520 – 630 nm (闲频光SH)	
210 – 255 nm (信号光FH)	峰值时 > 0.6 % @ 20 – 400 $\mu\text{J}$ <sup>2)</sup> 峰值时 > 0.3 % @ 8 – 20 $\mu\text{J}$
260 – 315 nm (闲频光FH)	
2200 – 4200 nm (DFG1)	> 3.0 % @ 3000 nm @ 20 – 400 $\mu\text{J}$ <sup>2)</sup> > 1.5 % @ 3000 nm @ 8 – 20 $\mu\text{J}$
4000 – 16000 nm (DFG2)	> 0.2 % @ 10000 nm @ 20 – 400 $\mu\text{J}$ <sup>2)</sup> > 0.1 % @ 10000 nm @ 8 – 20 $\mu\text{J}$

<sup>1)</sup> 转换效率指定为 ORPHEUS 输入功率的百分比。

<sup>2)</sup> 高能型 ORPHEUS-HE 泵浦能量高达 2 mJ 可用。



ORPHEUS 外形图

PHAROS 泵浦激光器与 ORPHEUS 串联,  
布局紧凑, 仅占 0.5 平方米

# ORPHEUS-HP

## 高功率共线光学参量放大器



### 特性

- 190 – 16000 nm 可调谐波长
- 单脉冲 – 1 MHz 重复频率
- 泵浦功率高达 40 W
- 泵浦能量高达 0.4 mJ (可根据要求提供更高能量)
- 自动波长分离
- 集成光谱仪, 用于监测输出波长

ORPHEUS-HP 是由 PHAROS 激光器泵浦的白光连续谱共线光学参量放大器。该放大器为 ORPHEUS 的改进版本, 其中紫外到可见光调谐范围的混频器集成到热稳定的整体外壳中。除 210 – 2600 nm 脉冲外, ORPHEUS-HP 还提供生成深紫外脉冲 (190 – 215 nm) 的选项。

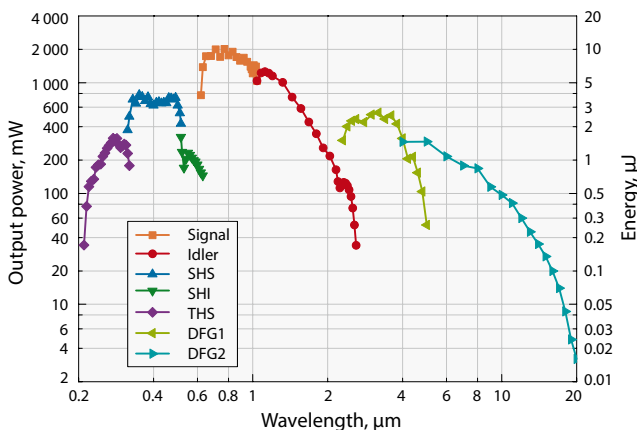
这款 OPA 能够自动调谐波长和分离波长, 完全无需手动操作, 同时还确保了在紫外-近红外区域所有波长具有相同的位置和方向。ORPHEUS-HP 集成了一台用于在线监测输出波长的微型光谱仪, 并配有专门的软件, 可实现波长反馈。

如果输入功率大于 8 W 或者所需调谐范围要求在紫外和中红外 (例如 315 – 5000 nm) 时, 我们强烈建议您使用 ORPHEUS-HP, 而不是标准 ORPHEUS。

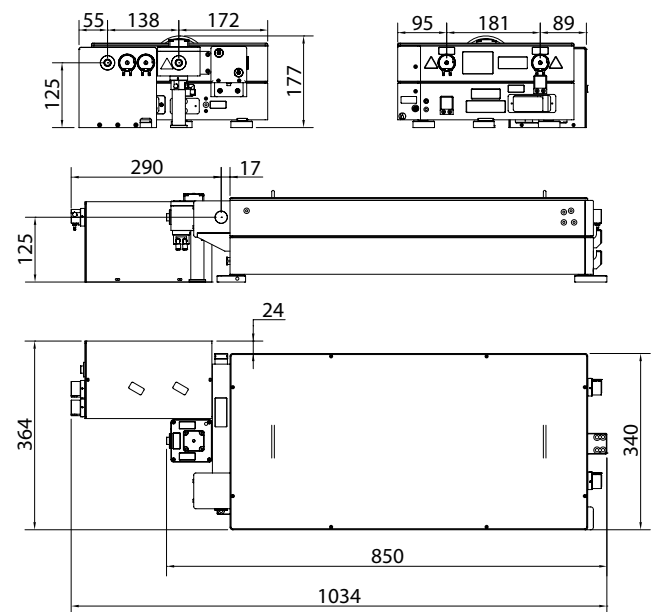
技术参数和 ORPHEUS 相同, 紫外和深-紫外范围除外, 详见下表。

### 可选紫外和深紫外转换器输出

	DUV	FHG	TH of Signal
调谐范围	190–215 nm	258 nm	210–315 nm
20 – 1000 $\mu$ J 脉冲能量转换率	> 0.3 % @ 200 nm	> 5.0 %	峰值时 > 0.8 %
8 – 20 $\mu$ J 脉冲能量转换率	不可用		峰值时 > 0.4 %



ORPHEUS-HP 能量转换曲线。  
泵浦: 20 W, 200 kHz



ORPHEUS-HP 外形图

# ORPHEUS-F

## 宽带宽混合光学参量放大器



ORPHEUS-F 是一款混合型白光连续谱光学参量放大器，由掺镱飞秒激光放大器泵浦。此 OPA 兼具非共线 OPA 的短脉宽和共线 OPA 的宽波长调谐范围的特点。在大多数调谐范围内，信号光可以通过简单的棱镜设置轻松压缩到  $< 60$  fs，而闲频光则可通过块状材料根据波长压缩到  $40 - 90$  fs。可以选择调回标准 OPA 参数，即可以在  $900 - 1200$  nm 范围 ( $250$  fs) 内调节。输出带宽可以作一定的限制 (高达  $2 - 3$  倍)，而不损失输出功率。相比之下，标准 ORPHEUS 设备利用光谱窄化，直接在输出时产生带宽限制的  $200 - 300$  fs 脉宽的脉冲，信号光/闲频光拥有扩展的调谐范围，还可以选择产生紫外和中红外光。非共线 ORPHEUS-N-2H 设备可以生成更宽的带宽，能够压缩至  $20$  fs，但调谐范围则限制在  $650 - 900$  nm 之间。对于大多数应用，ORPHEUS-F 配置的性能都是最优的选择。

### 规格<sup>1)</sup>

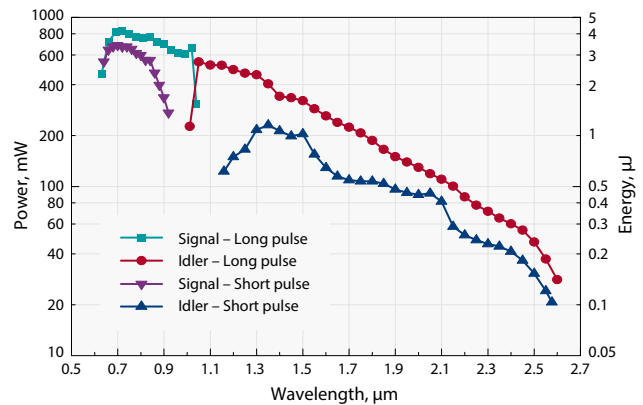
	ORPHEUS-F OPA
要求的泵浦激光器	PHAROS, PHAROS-SP 或 CARBIDE 激光器
谐调范围	650 – 900 nm (信号光) 和 1200 – 2500 nm (闲频光)
调谐曲线峰值的转换效率, 第二阶段信号光和总效率	$>10\%$ , 当泵浦能量 $10 - 500 \mu\text{J}$
脉冲能量稳定性	$<2\%$ rms @ 700 – 900 nm 和 1200 – 2000 nm
脉冲带宽	$200 - 600 \text{ cm}^{-1}$ @ 650 – 900 nm $150 - 500 \text{ cm}^{-1}$ @ 1200 – 2000 nm
压缩前脉宽	$<250$ fs
压缩后脉宽 <sup>2)</sup>	$35 - 70$ fs @ 650 – 900 nm $40 - 100$ fs @ 1200 – 2000 nm
压缩机透射率 <sup>2)</sup>	$50 - 70\%$ @ 650 – 900 nm $70 - 80\%$ @ 1200 – 2000 nm

<sup>1)</sup> 转换效率指定为 ORPHEUS-F 输入功率的百分比。

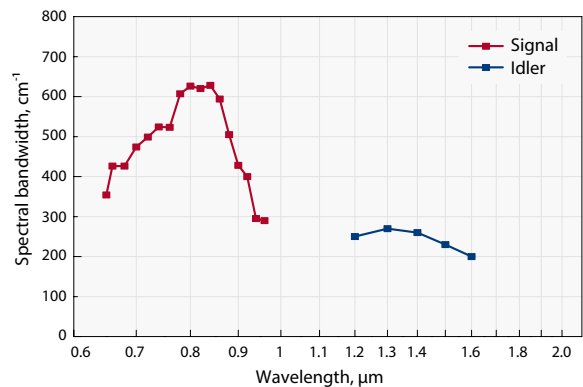
<sup>2)</sup> 可选压缩器包括信号光用的两面棱镜压缩机，和闲频光用的体压缩机。

### 特性

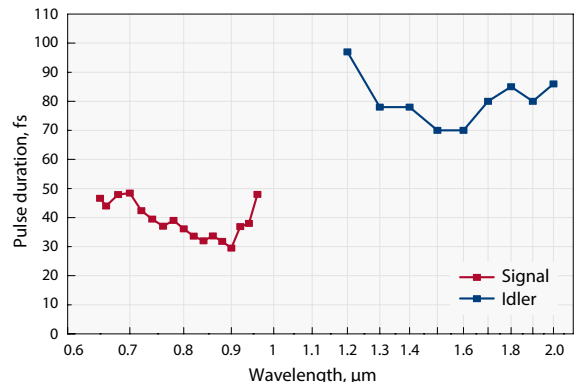
- 兼具共线和非共线 OPA 的最佳特性
- 脉宽  $<100$  fs
- 可变带宽
- 单脉冲 –  $1$  MHz 重复频率
- 电脑控制
- 间隙填充双脉冲长度选项



ORPHEUS-F 典型性能



ORPHEUS-F 典型光谱带宽



外部压缩后 ORPHEUS-F 的典型脉宽

# ORPHEUS-IV

## 非共线光学参量放大器



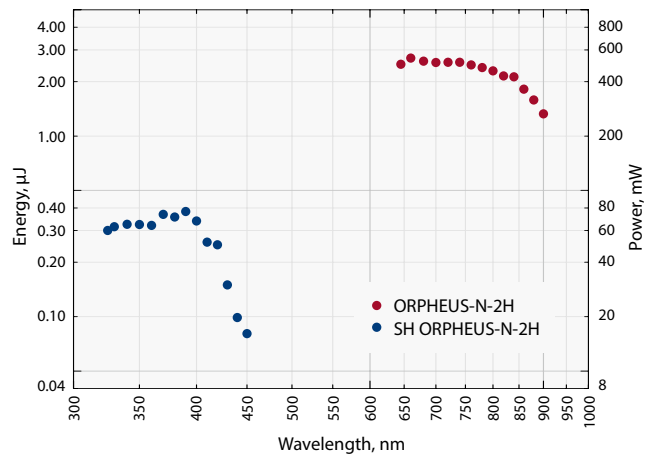
### 特性

- 脉宽 < 30 fs
- 集成棱镜压缩器
- 可调带宽和脉宽
- 单脉冲 - 1 MHz 重复频率
- 电脑控制

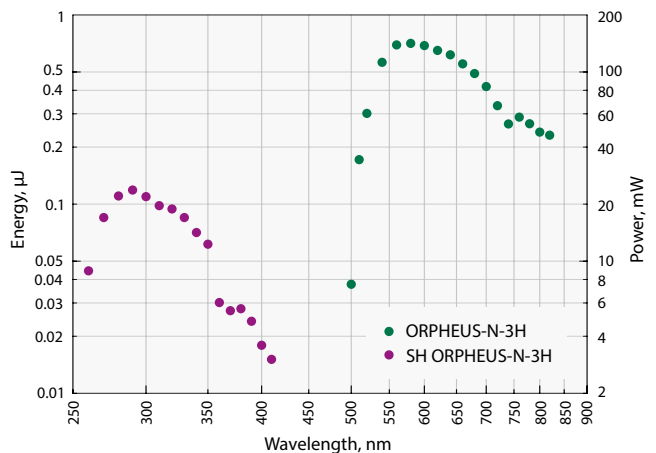
ORPHEUS-N 是由 PHAROS 激光系统泵浦的非共线光学参量放大器 (NOPA)。根据产品型号, ORPHEUS-N 系列产品内置二次或三次谐波发生器, 生成 515 nm 或 343 nm 泵浦。带有二次谐波泵浦 (ORPHEUS-N-2H) 的 ORPHEUS-N, 可在 700 - 850 nm 范围内出光, 输出脉冲脉宽小于 30 fs, 700 nm\* 时的平均功率大于 0.5 W。带有三次谐波泵浦 (ORPHEUS-N-3H) 的 ORPHEUS-N, 可在 530 - 670 nm 范围内出光, 输出脉冲脉宽小于 30 fs, 550 nm\* 时的平均功率大于 0.2 W。ORPHEUS-N 的重复频率高达 1 MHz。

该放大器配有计算机控制的步进电机, 允许自动调谐输出波长。还可以选择信号光二次谐波发生器, 将调谐范围扩展到 250 - 450 nm。ORPHEUS-N 拥有最先进的内置脉冲压缩器, 是时间分辨光谱学的宝贵工具。单个 PHAROS 激光器可以泵浦两个以上 ORPHEUS-N 系统, 提供具有独立波长调谐的若干泵浦和/或探测通道。

\* 泵浦 6 W @ 1030 nm, 200 kHz。



ORPHEUS-N-2H 典型调谐曲线  
泵浦: Pharos-6W, 200 kHz, 260 fs



ORPHEUS-N-3H 典型调谐曲线  
泵浦: Pharos-6W, 200 kHz, 260 fs

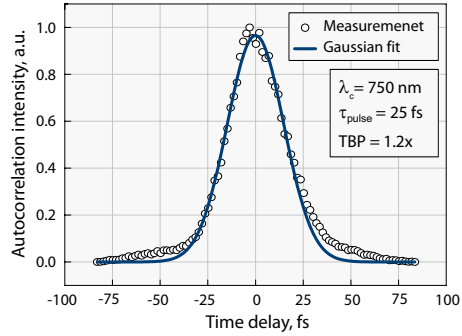
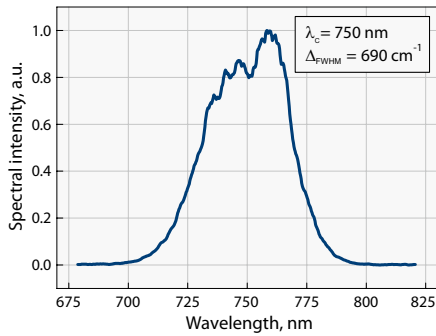
规格

	ORPHEUS-N-2H ( 泵浦 : 30 $\mu\text{J}$ @ 1030 nm )	ORPHEUS-N-3H ( 泵浦 : 30 $\mu\text{J}$ @ 1030 nm )
调谐范围	650–900 nm	500–800 nm
内置谐波发生器	二倍频 515 nm 波长 >14 $\mu\text{J}$ 脉冲能量	三倍频 343 nm 波长 >8 $\mu\text{J}$ 脉冲能量
输出脉冲能量 ( 棱镜 压缩器后 )	7 % 峰值 ( 700 nm ) 3 % @ 850 nm 最大泵浦功率 8 W	1.3 % 峰值 ( 580 nm ) 0.7 % @ 700 nm 最大泵浦功率 8 W
脉宽 ( 高斯光束 )	<30 fs @ 700–850 nm	<30 fs @ 530–670 nm <80 fs @ 670–800 nm

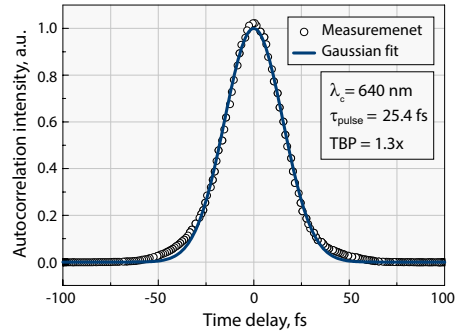
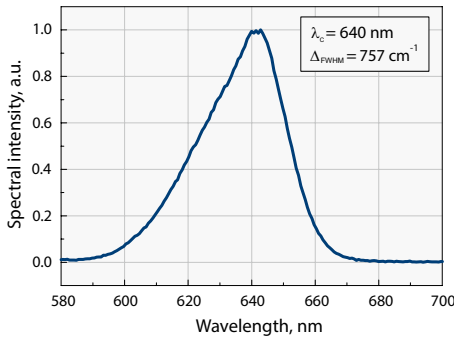
泵浦激光要求 ( 一般是PHAROS 飞秒激光 ) 波长 1030 nm , 重复频率 1 – 1000 kHz , 泵浦脉冲能量 8 – 200  $\mu\text{J}$  , 脉宽 ( FWHM ) 180 – 290 fs.

可选配件

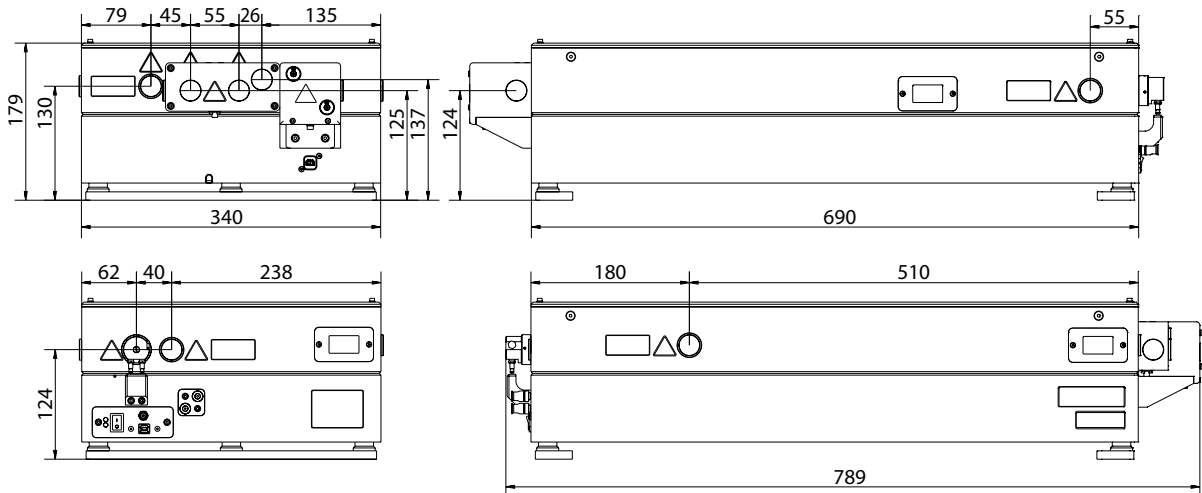
- 信号光二倍频组件
- 计算机可控脉宽



ORPHEUS-N-2H 典型输出



ORPHEUS-N-3H 典型输出



ORPHEUS-N 外形图



# ORPHEUS-ONE

## 中红外共线光学参量放大器

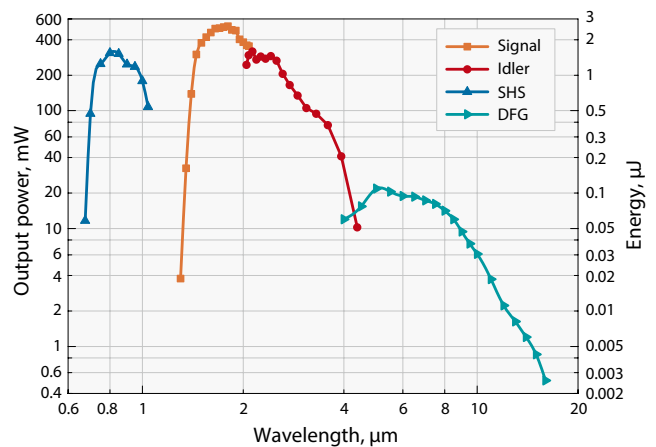


### 特性

- 信号光和闲频光 1350 – 4500 nm 可调谐
- 调谐范围扩展至 16000 nm
- 中红外输出为 ORPHEUS 的 2 倍
- 基于众所周知的 TOPAS OPA
- 单脉冲 – 1 MHz 重复频率
- 适用于不同的脉冲能量和脉宽
- 通过 USB 端口和专用软件完全由电脑控制

ORPHEUS-ONE 是一款白光连续谱共线光学参量放大器，由飞秒掺镜激光放大器泵浦，侧重于两级生成中红外波长。与标准 ORPHEUS + DFG 配置相比，ORPHEUS-ONE 在红外范围内提供了更高的转换效率。

ORPHEUS-ONE 将两级集成到单一壳体中，降低了系统的占用空间，同时提升了长期稳定性。通过在中红外晶体中混合第二级信号光和闲频光，可调范围可扩展至 4500 – 16000 nm。在 OPA 配置为宽带放大时，ORPHEUS-ONE 中使用的方案可以产生范围  $>150 \text{ cm}^{-1}$ 。



ORPHEUS-ONE 典型谐调曲线  
泵浦：Pharos-6W，200 kHz，260 fs

### 规格<sup>1)</sup>

	ORPHEUS-ONE OPA
要求的泵浦激光	PHAROS, PHAROS-SP, CARBIDE
调谐范围	1350 nm – 2060 nm (信号光), 2060 nm – 4500 nm (闲频光)
集成的二倍频 (515nm) 组件转换效率	~10 – 25 %, 使用此光束需要特殊修改
调谐曲线峰值的转换效率, 第二阶段信号光和闲频光总效率	$>14 \%$ , 当泵浦能量在 $30 \mu\text{J} - 400 \mu\text{J}$ <sup>2)</sup>
脉冲能量稳定性	$<2 \%$ rms @ 1450 – 4000 nm
脉冲带宽	$100 - 250 \text{ cm}^{-1}$ @ 1450 – 2000 nm
脉宽	200 – 250 fs, PHAROS 泵浦 120 – 190 fs, PHAROS-SP 泵浦
时间-带宽积	$<1.0$ @ 1450 – 2000 nm

<sup>1)</sup> 转换效率指定为 ORPHEUS-ONE 输入功率的百分比。

<sup>2)</sup> 高能型 ORPHEUS-ONE 泵浦能量高达 2 mJ 可用。

### 可选中红外转换器输出

	DFG2
调谐范围	4500 – 16000 nm
脉冲能量转换效率	$>0.3 \%$ @ 10000 nm
脉冲带宽	$100 - 160 \text{ cm}^{-1}$ @ 5000 – 10000 nm
脉冲能量稳定性	$<3 \%$ rms @ 5000 nm $<4 \%$ rms @ 10000 nm
脉宽	$<300 \text{ fs}$ @ 5000 – 10000 nm

# ORPHEUS-PS

## 窄带宽光学参量放大器

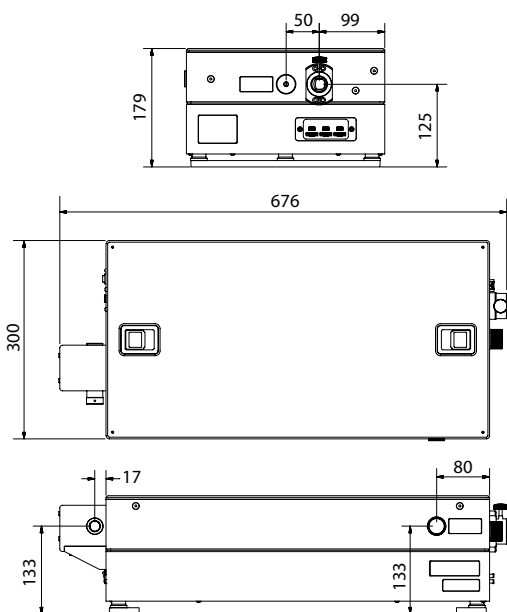


### 规格

	ORPHEUS-PS OPA
调谐范围	630 – 1020 nm 信号光 1040 – 2600 nm 闲频光
脉冲能量转换效率	>20 % (由 SHBC 泵浦)
脉冲能量稳定性	<2.0 % rms @ 700 – 960 nm , 1100 – 2000 nm
光谱宽度	<20 cm <sup>-1</sup> @ 700 – 960 nm , 1100 – 2000 nm
脉宽	2 – 4 ps 根据 SHBC-515 的泵浦脉宽
时间-带宽积	<1.0

输入脉冲要求：

- 皮秒 515 nm，由 SHBC-515 生成：能量 120 μJ – 1 mJ，脉宽 2 – 5 ps，光谱宽度 <10 cm<sup>-1</sup>；
- 飞秒 1030 nm：能量 2 – 3 μJ，脉宽 <300 fs。



ORPHEUS-PS 外形图

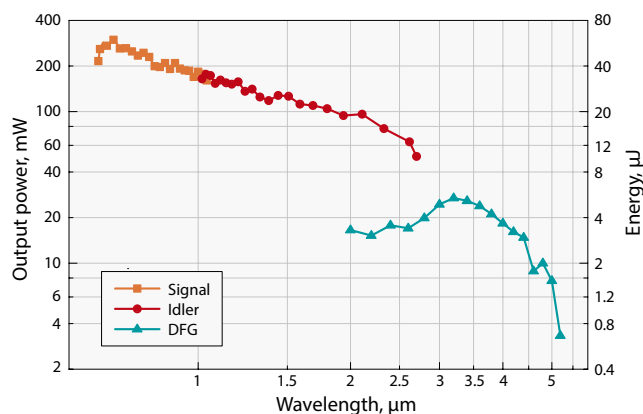
### 特性

- 基于众所周知的 TOPAS-800 OPA
- 皮秒脉冲 315 – 5000 nm 连续可调
- 2 – 4 ps 脉冲持续时间
- 几乎带宽限制输出，< 15 cm<sup>-1</sup> 光谱宽度
- 通过飞秒白光连续谱激励可以获得高稳定性
- 重复频率可达 100 kHz
- 通过 USB 端口和专用软件完全由电脑控制

### 应用

- 受激拉曼光谱
- 表面和频光谱仪

ORPHEUS-PS 是一款窄带宽白光连续谱光学参量放大器，设计用于 PHAROS 泵浦激光器。此放大器由 SHBC-515 窄带宽二次谐波发生器产生的皮秒脉冲泵浦，并以飞秒脉冲产生的白光连续谱为种子。因此，相较于其它生成可调谐皮秒脉冲的方法，可以实现相当高的脉间稳定性。此外，白光生成模块集成到与放大模块相同的壳体中，使其具有更佳的长期稳定性，并易于使用。该系统具有很高的转换效率，几乎带宽和衍射极限输出，通过 USB 端口和 LabVIEW 驱动程序可完全由电脑控制。PHAROS 的一部分激光辐射经分束，同时泵浦飞秒 OPA，提供宽带宽 630 nm – 16 μm 的可调脉冲，从而得到各种光谱应用所需的全套光束，例如，窄带拉曼光谱测量或表面和频光谱仪。



ORPHEUS-PS 性能

由 2W @ 5 kHz, SHBC 514.2 nm 泵浦,  $\Delta\lambda \sim 8 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\tau = 2.7 \text{ ps}$

# ORPHEUS twins

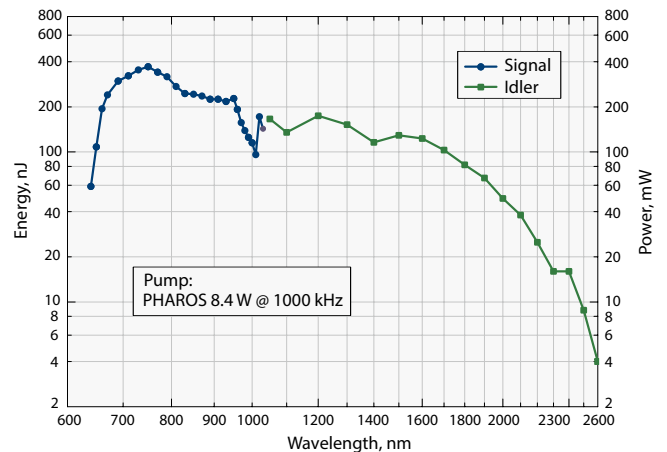
## 两个独立可调光学参量放大器



### 特性

- 在单个紧凑型外壳中的双 OPA 单元
- 可调谐波长 210 nm – 16000 nm
- 单脉冲 – 1 MHz 重复频率
- 泵浦能量高达 0.4 mJ ( 可按要求定制 2 mJ 能量 )
- 可提供宽带宽和短脉冲 ( <100 fs ) 版本
- CEP 稳定中红外输出
- 集成光谱仪用于监测 OPA 的输出波长

ORPHEUS-Twins – 两台独立可调的光学参量放大器，专为灵活的泵浦参数和 OPA 配置而设计。两个通道可以单独配置为 ORPHEUS、ORPHEUS-ONE、ORPHEUS-F，甚至 ORPHEUS-N 版本。两个 OPA 单元集成到单个壳体中，共享白光连续谱源作为放大种子。此 OPA 可以实现自动波长调谐，可选择自动波长分离以及在 4 μm – 16 μm 范围内产生宽带中红外辐射，带有被动稳定的载波包络相位 ( CEP )。



### 规格

要求的泵浦激光	PHAROS 或 CARBIDE
接受的泵浦输入脉冲能量 @ 1030 nm，脉宽 150 fs – 300 fs	8 μJ – 2 mJ
支持的重复频率	单脉冲 – 1 MHz
调谐范围	ORPHEUS，ORPHEUS-F or ORPHEUS-ONE 配置之间
输出脉冲能量	取决于配置，参照所选型号的规格
脉冲带宽	取决于配置，高达 100 – 500 cm <sup>-1</sup>
脉宽	取决于配置，低至 40 fs

尺寸	宽 × 长 × 高
ORPHEUS Twins 总尺寸，包括波长分离器	810 × 430 × 164 mm
PHAROS + ORPHEUS Twins 系统总尺寸，带光束路由单元	910 × 850 × 215 mm

# TOPAS

## 钛：蓝宝石激光光学参量放大器

TOPAS 是一系列白光飞秒光学参量放大器 (OPA)，提供 189 nm – 20 μm 可调连续谱，高转换效率和计算机控制。TOPAS 已经在全世界安装了 1700 多台，成为 OPA 市场的领导者和众多科学应用的标准工具。TOPAS 可由钛：蓝宝石激光放大器泵浦，脉宽从 20 fs 到 200 fs，脉冲能量从 10 μJ 到 60 mJ。此外，提供超出给定规格的定制解决方案。

### 特性

- 参量辐射转换效率 > 25 – 30% (信号光和闲频光)
- 调谐范围 1160 - 2600 nm (可扩展至 189 nm – 20 μm)
- 整个调谐范围内高输出稳定性
- 几乎带宽和衍射极限输出
- 闲频光 (1600 – 2600 nm) 被动载波包络相位 (CEP) 稳定化
- 电脑控制操作
- 可定制

### TOPAS-Prime

TOPAS-Prime 是一款两级白光连续谱飞秒光学参量放大器。TOPAS-Prime 提供高能量转换率 (一般 >30%) 的同时而不影响输出的空间的，时间的，光谱的质量。TOPAS-Prime 分为两个产品系列，标准系列和 TOPAS-Prime-Plus 系列，前者输入能量高达 3.5 mJ @ 35 fs，而后者输入能量接受值提高为 5 mJ @ 35 – 100 fs。



### TOPAS-HR

高重复频率光学参量放大器

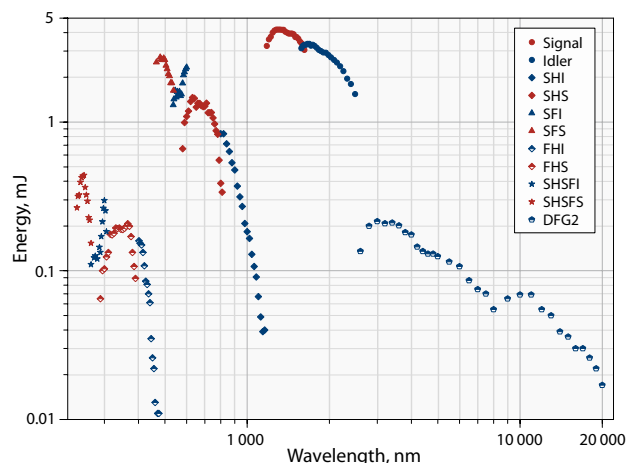
TOPAS-HR 是一款专为高重复频率 (10 kHz – 1 MHz) 应用设计的光学参量放大器。TOPAS-HR 在整个调谐范围内提供高脉冲间稳定性，高输出脉冲和光束质量，通过 USB 端口实现全自动化，可选混频级，以扩展调谐范围。

TOPAS-HR 可以通过高重复频率掺钛蓝宝石飞秒激光放大器泵浦，是光谱学、多光子显微镜、微加工和其他应用的宝贵工具。

### HE-TOPAS-Prime

针对高泵浦能量

HE-TOPAS-Prime 是一款三级白光连续谱飞秒光学参量放大器，专为输入能量高于 5 mJ 的泵浦而设计。一般对信号光和闲频光的转换效率高于 40%。该系统结构紧凑，易于操作，可以轻松地重新配置不同的泵浦脉冲参数。HE-TOPAS-Prime 分为两个产品系列：标准系列和 HE-TOPAS-Prime-Plus 系列，前者输入能量高达 25 mJ @ 100 fs (8 mJ @ 35 fs)，而后者输入能量高达 60 mJ @ 100 fs (20 mJ @ 35 fs)。可提供额外的定制解决方案，更高的泵浦能量，温度稳定的外壳，慢循环惰轮 - CEP 稳定化等。



HE-TOPAS-Prime 调谐曲线  
泵浦：22 mJ, 45 fs, 805 nm

# NirUVis 频率混合器



NirUVis 是 TOPAS-Prime 和 HE-TOPAS-Prime 设备的附加混频器单元。它由三个计算机控制的非线性晶体平台组成。输出是通过二倍频, 四倍频, 和频组合生成。与独立的波长混合平台相比, NirUVis 在特定的波长范围内提供更高的转换效率, 简便的操作, 紧凑的设计和低环境敏感度。另外, 为确保高输出脉冲对比度, 波长分离过程在每次非线性相互作用之后。

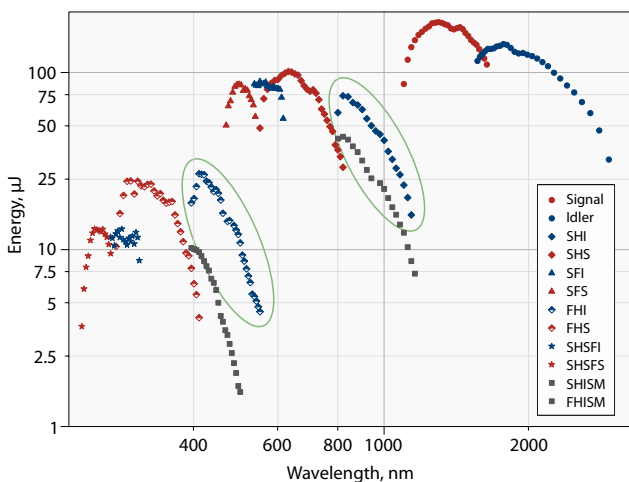
## 全自动 NirUVis 性能

- 电动波长调谐和分离 – 无需手动操作
- 单个输出端口适用于 240 – 2600 nm 范围内的所有波长 - 相同的位置和方向
- 信号光束的自动偏振旋转器, 为不同的相互作用提供更一致的输出光束偏振
- 自动信号分色镜, 确保了 SHI 良好的波长对比度
- 提高了闲频光相关交互的转换效率
- 光学平台的布局可以是 U 形, L 形或者相对于 TOPAS-Prime 的直线

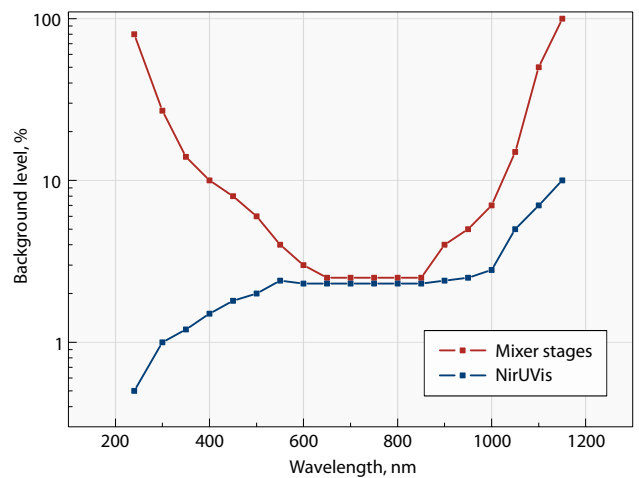
## 规格

	自动 NirUVis	标准 NirUVis	NirUVis-DUV
最大波长范围	240–1160 nm	240–1160 nm	189–1160 nm
波长自动谐调, 除外	全自动	手动改变波长分离器	手动改变波长分离器
输出端口数量	所有波长同一个输出端口	4 个输出端口 (根据波长)	4 个输出端口 (根据波长)
FRESH 泵浦选项 *	包含	可选	包含

\* 详情参照下页。



TOPAS-prime ( FRESH 泵浦选项 ) + NirUVis  
输出能量, 由 1 mJ, 100 fs, 800 nm 泵浦  
( SHISM 和 FHISM 的能量通过分开的混合平台所得 )

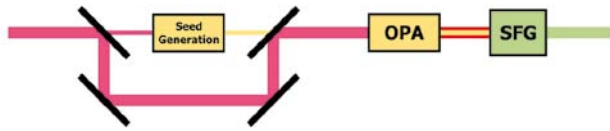


NirUVis 和独立混合平台的背景水平比较

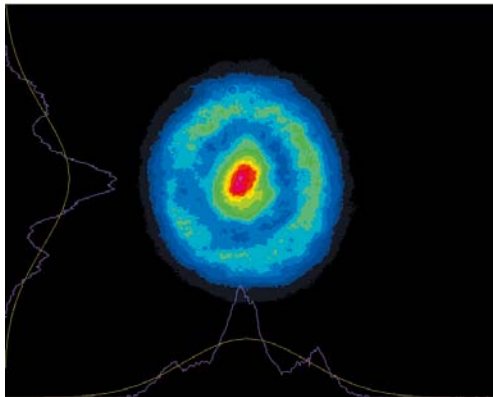
## FRESH 泵浦选项

用于 TOPAS-Prime 的 475 – 580 nm 范围内的和频产生 ( SFG )

### DEPLETED 泵浦选项

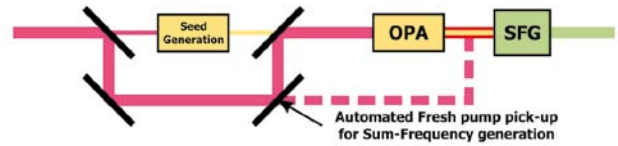


DEPLETED 泵浦用于 SFG 时的选项

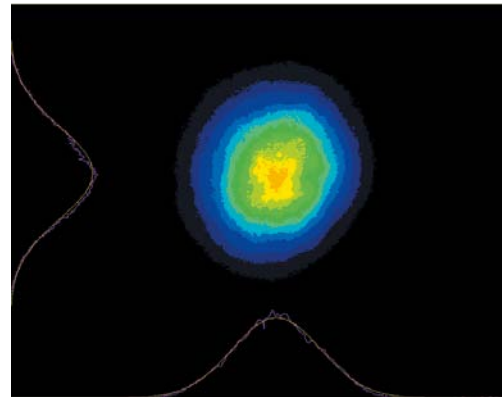


DEPLETED 泵浦 SF 输出光斑

### FRESH 泵浦选项



FRESH 泵浦用于 SFG 时的选项

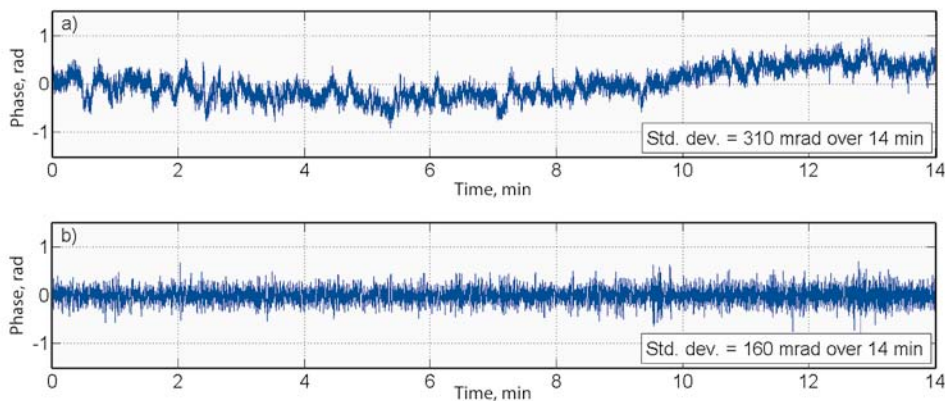


FRESH 泵浦 SF 输出光斑

## 闲频光 CEP 稳定性套件

由于三波参数相互作用，TOPAS 闲频波 ( 1600 – 2600 nm ) 被动 CEP 锁定，但由泵浦光束指向或环境条件变化引起的慢 CEP 漂移依然存在。现在我们正在为 CEP 注册和慢速漂移补偿提供一个完整的解决方

案。通过在 TOPAS-Prime 或 HE-TOPAS-Prime 的功率放大阶段使用 f-2f 干涉仪和控制种子与泵浦之间的时间延迟的反馈环来执行相位校正。



在 14 分钟的时间范围内检索闲频光 CEP 的值和计算标准偏差。  
( a ) 无漂移补偿，( b ) 缓慢漂移补偿。积分时间 4 毫秒 ( 四个脉冲 )

new

# HARPIA-TA

## 超快瞬态吸收光谱仪



### 应用领域

- 光化学
- 光生物学
- 光物理学
- 材料物理
- 半导体物理
- 时间分辨光谱学

流行的瞬态吸收光谱仪 HARPIA 经过重新设计，以满足当今科学界的需求和标准。新改进的 HARPIA 设计紧凑而优美，拥有直观的用户体验和简单的日常维护。坚持 OPRHEUS 系列设备提出的标准，整个光谱系统现在被包含在一个单一的铝合金外壳内，从而确保优良的光学稳定性和相互作用光束的最小光程。与其前身相比，该设备的尺寸大大减小。面积大约减少了 2.6 倍，而体积减少了近 4 倍。就像它的前身，它已领先市场的特点著称，如 10 - 5 可分辨信号并且具有其他独特的特性，如当使用 PHAROS / ORPHEUS 系统的时候可以工作在高重复频率（高达 1 MHz）。新的 HARPIA 可以很容易地与 PHAROS / ORPHEUS 和 Ti : Sapph / TOPAS 激光系统整合在一起。高重复频率允许测量瞬态吸收动力学，同时以极低的脉冲能量激发样品（由此避免能量转移系统中的激子湮没效应或半导体/纳米粒子样品中的非线性载流子复合）。

许多探头配置和检测选项都可用，从用于单波长检测的简单且具有成本效益的光电二极管，到结合白光连续探测的光谱分辨宽带检测。数据采集和测量控制现在集成在设备内部，并提供如下改进的检测功能：

- 单个（仅采样）或多个（采样和参考）集成光谱检测器；
- 简单集成任何用户首选的外接摄谱仪；
- 光束监测和自校准功能（沿着泵浦/探测光束光路和样品平面）以及光束自动重新调整的选项；
- 在瞬态吸收或瞬态反射测量之间直接切换；
- 能够在同一设备上结合瞬态吸收和 Z 轴扫描实验；

此外，可以选择不同的延迟线选项来覆盖从 2 ns 到 8 ns 的延迟时间窗口，而 HARPIA 可以安装标准线性导轨（20 mm / s）或快速滚珠导轨（300 mm / s）光学延迟平台。

许多的光机械周边设备现在都紧凑的安置于 HARPIA 机壳内，包括：

- 一个光斩波器，可锁相到激光器系统的任何倍频，或以自由参照的内部参照机制（标准）运作；
- 电动校准的 Berek 偏振补偿器，可自动调节泵浦光束的偏振（可选）；
- 电动横向平移超连续谱发生器（适用于在 CaF<sub>2</sub> 或 MgF<sub>2</sub> 等材料中产生安全稳定的超连续光谱；可选）。
- 自动化样品光栅扫描仪，将样品置于泵浦和探测光束的焦平面上，从而避免局部样品过度曝光（可选）。

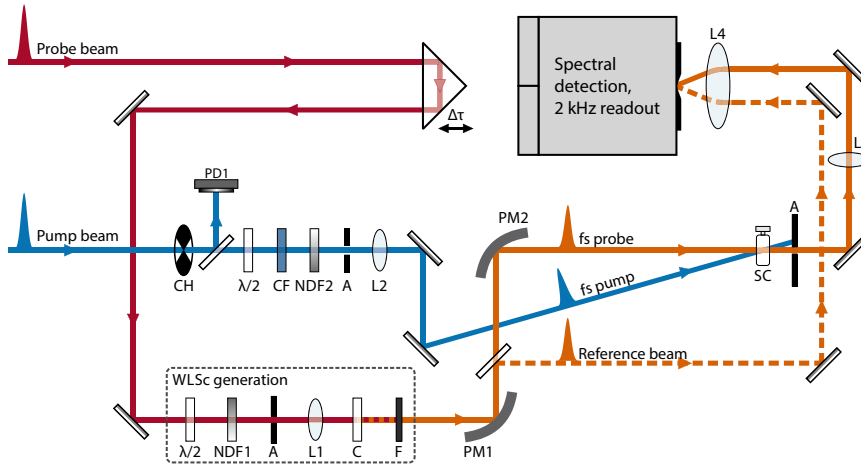
而且，新的 HARPIA 被设计为与任何用户喜欢的低温恒温器和/或蠕动泵系统兼容（见安装图）。通过向样品平面引入第三束光束，可以进一步扩展新型 HARPIA 的功能，从而允许用户执行多脉冲瞬态吸收测量。

除了实验自动化软件之外，HARPIA 还包含 CarpetView 数据分析软件包，用于检查采集到的数据，执行全局和目标分析，探测色散补偿，指数拟合等。该软件包具有直观和友好的用户界面；它提供了一个数据分析教程，提供从原始数据到出版质量图和基于模型的参数估计的无缝转换。所有的软件运行在 MS Windows 下，使用起来非常简单。即使是新手也会在几天内成为分析专家！

### 规格

探测波长范围，由光学支持	240 – 2600 nm
探测波长范围，白光超连续谱发生器，1030 nm 泵浦	350 – 750 nm，480 – 1100 nm
探测波长范围，白光超连续谱发生器，800 nm 泵浦	350 – 1100 nm
探测器探测波长范围	200 nm – 1100 nm，700 nm – 1800 nm，1.2 μm – 2.6 μm
光谱仪器的光谱范围	180 nm – 24 μm，可由互换光栅实现
延迟范围	4 ns，6 ns，8 ns
延迟分辨率 / 微步	4.17 fs，6.25 fs，8.33 fs
激光重复频率	1 – 1000 kHz (数字转换器频率 < 2 kHz)
时间分辨率	< 1.4 x 泵浦或探测脉宽 (以较长者为准)
尺寸 (长×宽×高)	730 × 420 × 160 mm <sup>1)</sup>

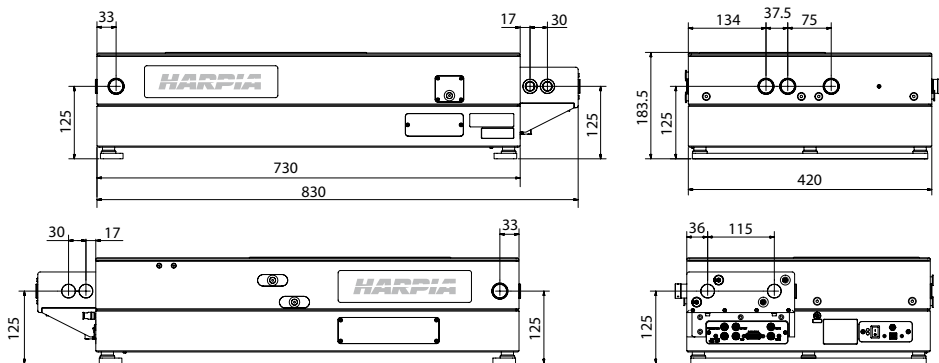
<sup>1)</sup> 不含外部摄谱仪。



HARPIA-TA 光学布局



低温恒温器安装方案



HARPIA-TA 外形图



new

# HARPIA

## 扩展光谱系统



HARPIA-TF 和 HARPIA-TB 可进一步扩展 HARPIA-TA 光谱系统的功能。从根本上说，全集成的 HARPIA 系统可以被看作是一个小型化的实验室，可以在单个封装中实现所有最流行的时间分辨光谱学实验。全方位的 HARPIA 系统可以提供样品的复杂光物理和光化学性质的全面理解。

在不同的实验实现之间切换是完全自动的，并且只需要很少的用户操作。HARPIA 系统的光学布局经过改进完善，提供令人难以置信的小尺寸（请参阅下面的尺寸）以及简单直观的用户体验。不仅尺寸小，HARPIA 还很容易定制，可以根据具体的测量需求量身定做。HARPIA 系统提供的所有实验都由一个全新的，经改进的用户应用程序进行管理，并根据客户应用需求提供实验向导，测量预设和开发套件。

**HARPIA 设置统一了多个时间分辨光谱功能，包含：**

- 飞秒瞬态吸收
- 飞秒瞬态反射
- 飞秒多脉冲瞬态吸收/反射测量
- 飞秒的荧光上转换
- 百皮秒至微秒时间相关单光子计数（TCSPC）
- 自动测量瞬态吸收和时间分辨荧光信号的强度依性
- 可以执行时间分辨飞秒激光拉曼散射（FSRS）实验

# 可用的 HARPIA 配置

## HARPIA

超快瞬态吸收，TCSPC 和荧光上转换光谱系统



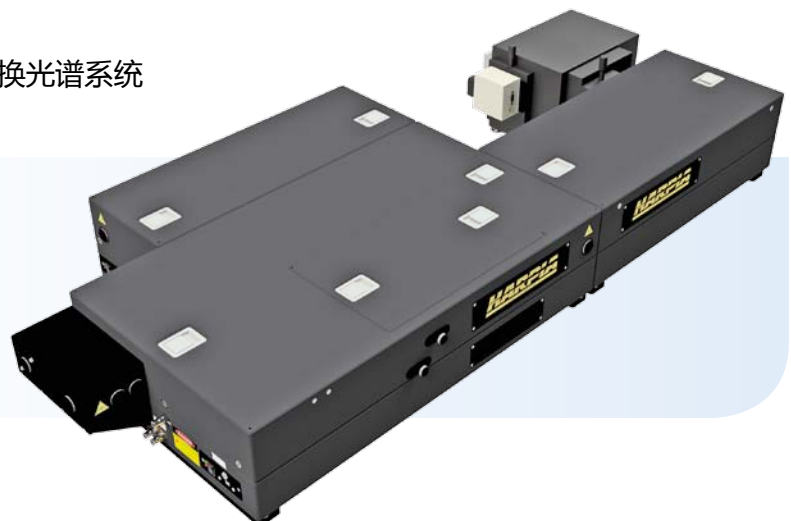
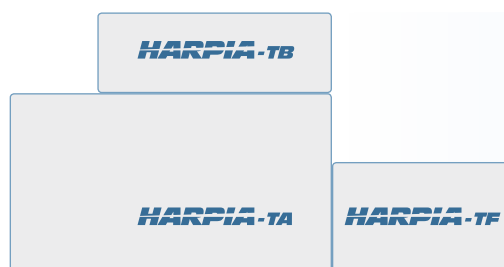
## HARPIA

超快多脉冲瞬态吸收光谱系统



## HARPIA

超快多脉冲瞬态吸收，TCSCP 和荧光上转换光谱系统



超快激光器

振荡器

谐波发生器

光学参量放大器

TOPAS 系列

光谱仪

自相关仪

# HARPIA-TF

## 飞秒荧光上转换 & TCSPC 扩展

new

超快激光器

振荡器

谐波发生器

光学参量放大器

TOPAS 系列

光谱仪

自相关仪

HARPIA-TF 是 HARPIA-TA 主机的时间分辨荧光测量扩展，结合了两种时间分辨荧光技术。对于最高时间分辨率，荧光由时间分辨荧光上转换技术来测量的，其中从样品发射的荧光与激光器的飞秒门控脉冲在非线性晶体中进行和频混频。这样时间分辨率则受到门脉冲脉宽的限制，范围为 250 fs。对于荧光衰减时间超过 150 ps 的，仪器可用于时间相关的单光子计数 (TCSPC) 模式，允许在 200 ps – 2 μs 的时域内测量高精度的动力学轨迹。HARPIA-TF 是围绕行业领先的 Becker & Hickl® 时间相关单光子计数系统设计的，具有不同的检测器选项。

两种时间分辨荧光技术的组合使其能够记录每个波长的荧光动力学的完整衰减；掌握全面的数据，便可以对不同波长的动力学轨迹的强度进行光谱校准，其中时间分辨数据的积分与稳态荧光光谱相匹配。

PHAROS 激光系统的高重复频率允许测量荧光动力学的同时以极低的脉冲能量激发样品（由此避免能量转移系统中的激子湮灭效应或半导体/纳米粒子样品中的非线性载流子复合）。预设或自定义延迟时间，每个瞬态频谱的平均次数，自动上变频信号搜索和优化以及其他选项都可以通过点击鼠标来实现。除了实验自动化软件，HARPIA-TF 还包括数据分析软件包 CarpetView，用于检查采集的数据，执行全局和目标分析，探针色散补偿，指数拟合等。该软件包具有直观和用户友好的界面；它提供了一个数据分析教程，提供从原始数据到出版质量图和基于模型的参数估计的无缝过渡。所有的软件在 MS Windows 下运行，易于使用。即使是新手也会在几天内成为分析专家！

### 特性

- 一个独一无二的全包式时间分辨光谱系统
- 小巧紧凑的设计
- 直观的操作和简单的日常维护
- 集成了 HARPIA-TA 系统所有最好的特性，外设和功能
- 可以作为已有 HARPIA-TA 基础的附件进行安装，也可以作为独立的时间分辨荧光测量系统
- 在不同的光谱测量模式之间轻松切换
- 与在 50 – 1000 kHz 下运行的 PHAROS 系列激光器兼容
- 集成行业领先的 Becker & Hickl® 时间相关单光子计数器
- 自动光谱扫描和上转换晶体 / 棱镜调谐 – 无需大的系统调整即可收集光谱或动力学轨迹
- 在单台仪器中测量从数百飞秒到 2 微秒的荧光动力学
- 完全控制泵浦光束的以下参数：
  - 偏振（泵浦光束中自动化 Berek 可变波片）；
  - 强度（两个光束中连续可变中性密度滤光片自动版本可用）；
  - 延迟（门延迟/探测光在光延迟线中延迟）；
  - 波长（在单色器后检测荧光）
- 标准 Andor Kymera 193i USB 双输出单色器。与 HARPIA-TA 系统配合使用时，单个单色器可同时用于时间分辨吸收和荧光测量，而无需检测器交换。如有需要，其他单色器的选择是可能的，如双重减色单色器，以确保更高的 TCSPC 时间分辨率
- 集成有电子元件和完整软件的标准 4 ns 延迟线。探测时间扩展到 8 ns 是可能的。延迟线完全集成在 HARPIA-TA 腔体中
- 数据分析软件，用于检查采集到的数据并执行全局和目标分析，色散补偿，指数拟合等。包括用户友好的界面，在 MS Windows 下运行，并提供了一个手册，描述如何开始对数据进行目标分析

## 规格

TCSPC 模式	
TCSPC 模块	Becker&Hickl SPC 130, 完全集成于软件 <sup>1)</sup>
探测器控制	Becker&Hickl DCC 100
光电倍增管	Becker&Hickl PMC 100 1 标准
波长范围	300 – 820 nm
固有时间分辨率	< 200 ps
带有单色器的时间分辨率	< 1.2 ns <sup>2)</sup>
信噪比	< 100 : 1, 假设每个迹线有 5 秒的积累时间 <sup>3)</sup>
上转换模式	
波长范围	300 – 1600 nm <sup>4)</sup>
波长分辨率	受选通脉冲的带宽限制, 一般在 100 厘米左右
延迟范围	4 ns, 6 ns, 8 ns
延迟阶	4.17 fs, 6.25 fs, 8.33 fs
时间分辨率	< 1.4 × 泵浦或探测脉冲脉宽 (取决于较长的脉冲宽度), 标准 PHAROS 激光脉宽为 420 fs <sup>5)</sup>
信噪比	100 : 1.5, 假设每点累积时间为 0.5 秒 <sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> 有关规格, 请参阅 [www.becker-hickl.de](http://www.becker-hickl.de).

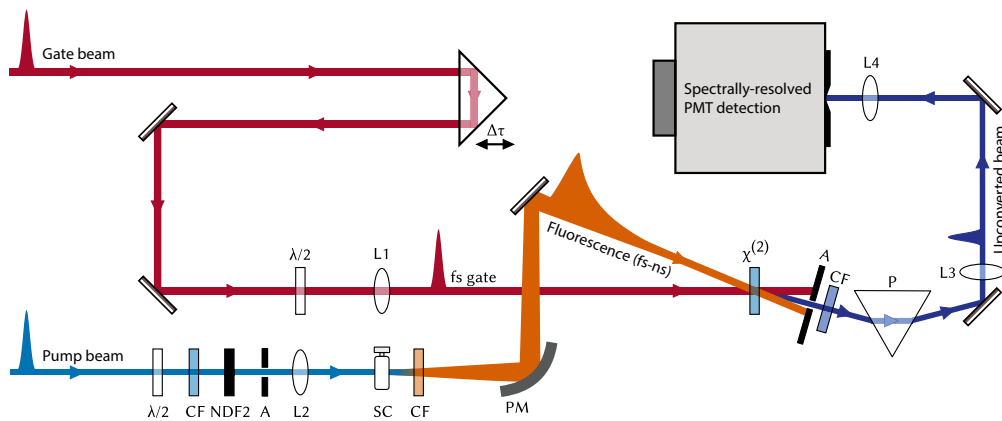
<sup>2)</sup> 估计为样品中产生的上转换白光超连续谱的 FWHM 或上转换信号上升的导数。

<sup>3)</sup> 通过拟合多次指数在 580 nm 处测量的 Rhodamine 6G 溶液中的动力学曲线, 从数据中减去拟合, 并且取残差的 STD 与 0.5 × 最大信号值之间的比率来估计。激光重复频率为 250 kHz。不适用于所有样品和配置。

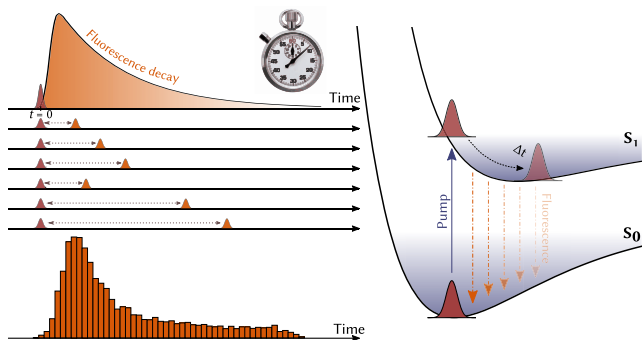
<sup>4)</sup> 取决于门控源, 可以用不同的非线性晶体实现。

<sup>5)</sup> 估计为样品中产生的上转换白光超连续谱的 FWHM 或上转换信号上升的导数。

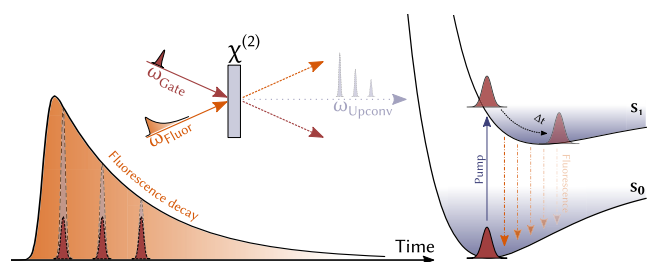
<sup>6)</sup> 以 Rhodamine 6G 染料在 360 nm 上转换波长处测量的 50 ps 的标准偏差为 100 点, 使用在 150 kHz 重复频率下运行的 PHAROS 激光器。不适用于所有样品和配置。



HARPIA-TF 光学布局 (荧光上转换配置)



时间相关单光子计数原理 (TCSPC)



时间分辨荧光上转换的原理

# HARPIA-TB

## 第三光束传输扩展

new

当标准光谱技术不足以满足光敏系统的复杂超快动力学时，可以利用多脉冲时间分辨光谱技术辅助参考。HARPIA-TB 作为 HARPIA-TA 系统的第三光束传输单元，为典型的时间分辨吸收测量增加了一个附加维度。如下所述，时间延迟的辅助（第三）激光脉冲可以应用于典型的泵浦 - 探针配置，以干扰正在进行的泵浦光动力。

谐振于受激发射跃迁带的辅助脉冲可以特别地使激发态物质减弱，从而使激发的体系恢复到基态势能面。这种类型的实验通常被称为泵突降探针（PDP）。

当第三脉冲的波长对应于诱导吸收共振时，脉冲因此能够将系统提升到更高的激发态（在标准光电转换中可能或可能不可检测）或将其返回到较早的进化瞬变。这种类型的测量通常被称为泵重新探针（PrPP）。

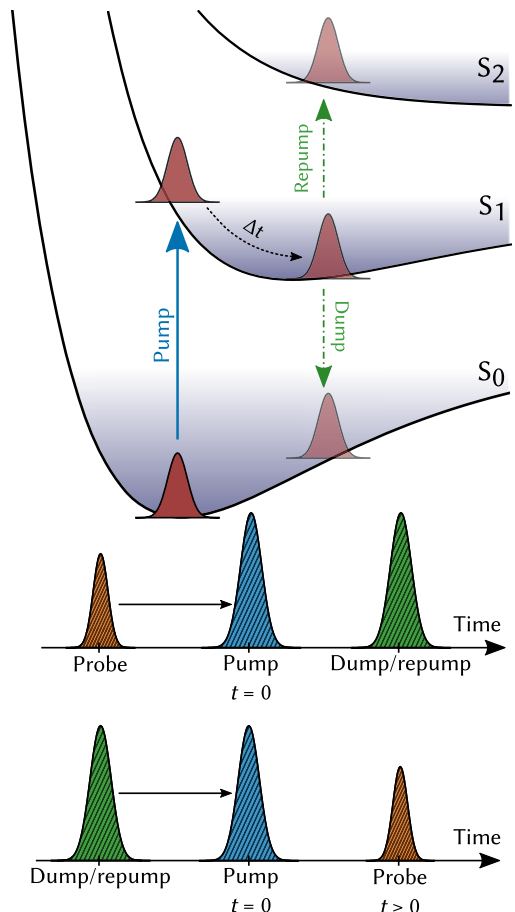
当辅助脉冲谐振于电子接地激励状态转换时，如  $S_0 \rightarrow S_n$ ，它使得可以“补充”激发态群体或在“主”泵脉冲之前准备一小部分激发态群体。这种类型的测量通常被称为预泵浦探头（pPPP）。

由于探针和辅助脉冲都可以在时间上相对于彼此延迟，所以动力学追踪和动作追踪实验都可以用 HARPIA-TB 设置进行。换句话说，我们可以获得有关扰动如何干扰所研究系统的标准光动力行为（当探测脉冲及时传播）的信息，或者我们可以监测扰动的确切时间是如何影响固定进化相位系统（当辅助脉冲及时传播时）的瞬态吸收光谱。

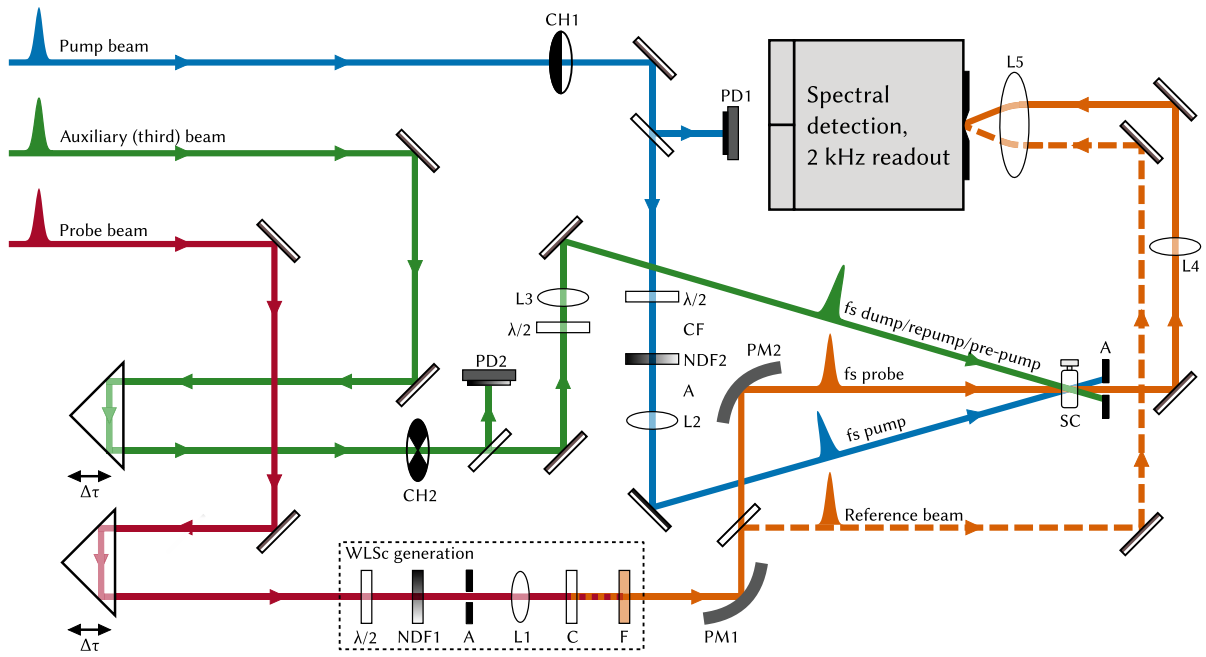
而且，HARPIA-TB 可以用来传输频率变窄的（即，皮秒）脉冲，从而提供执行时间分辨飞秒激光拉曼散射（FSRS）光谱测量的能力。

### 特性

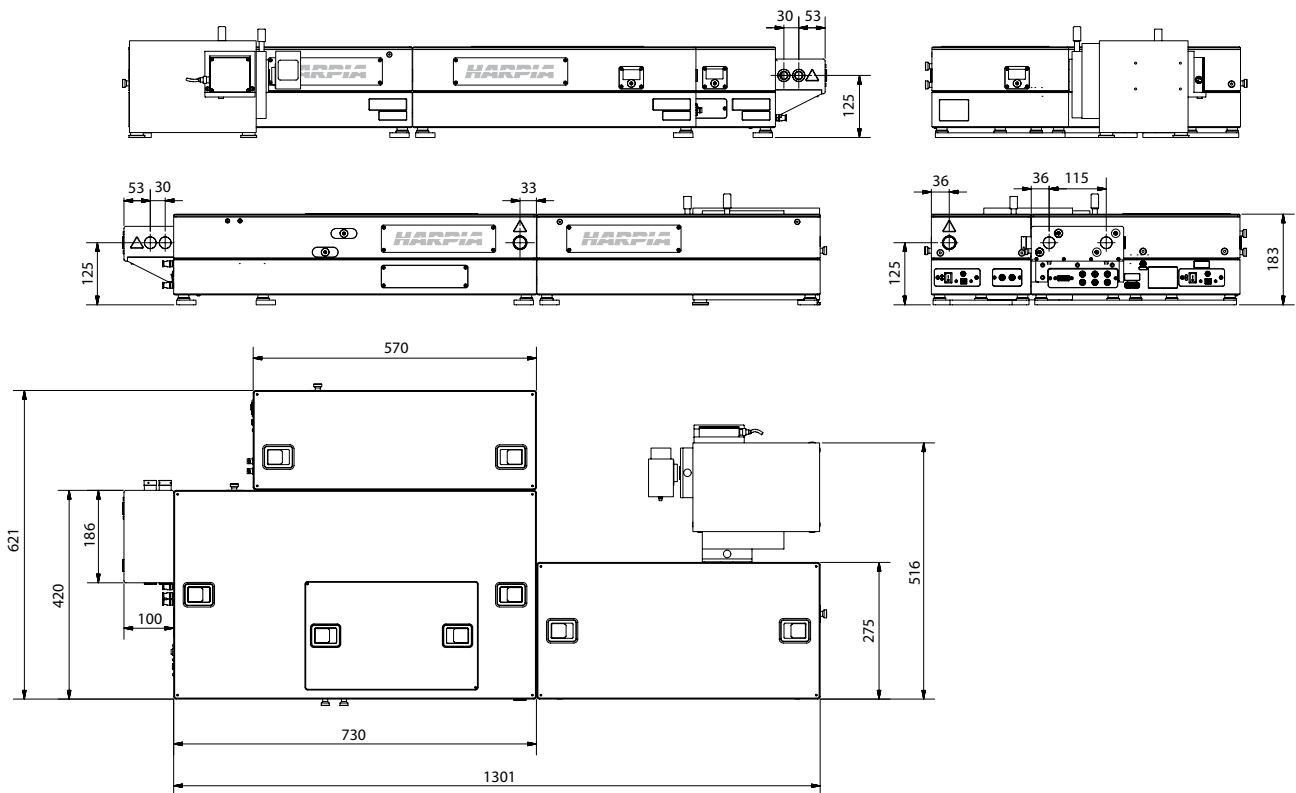
- 扩展 HARPIA-TA 系统的功能
- 可以作为已有 HARPIA-TA 基型的附件安装
- 为泵浦探头测量提供了一个额外的维度
- 为复杂的光动力系统提供更多的信息
- 完全控制第三光束：
  - 极化（第三光束路径中手动或自动的 Berek 可变波片）；
  - 强度（自动化版本的第三光束路径中连续可变中性密度滤光片）；
  - 延迟（辅助激光脉冲在光延迟线中延迟 1.3 到 2.6 ns）
- 数据分析软件，用于检测采集到的多脉冲数据并执行全局和目标分析



多脉冲时间分辨瞬态吸收光谱的原理



HARPIA 多脉冲实验光学布局



HARPIA 外形图

# CarpetView

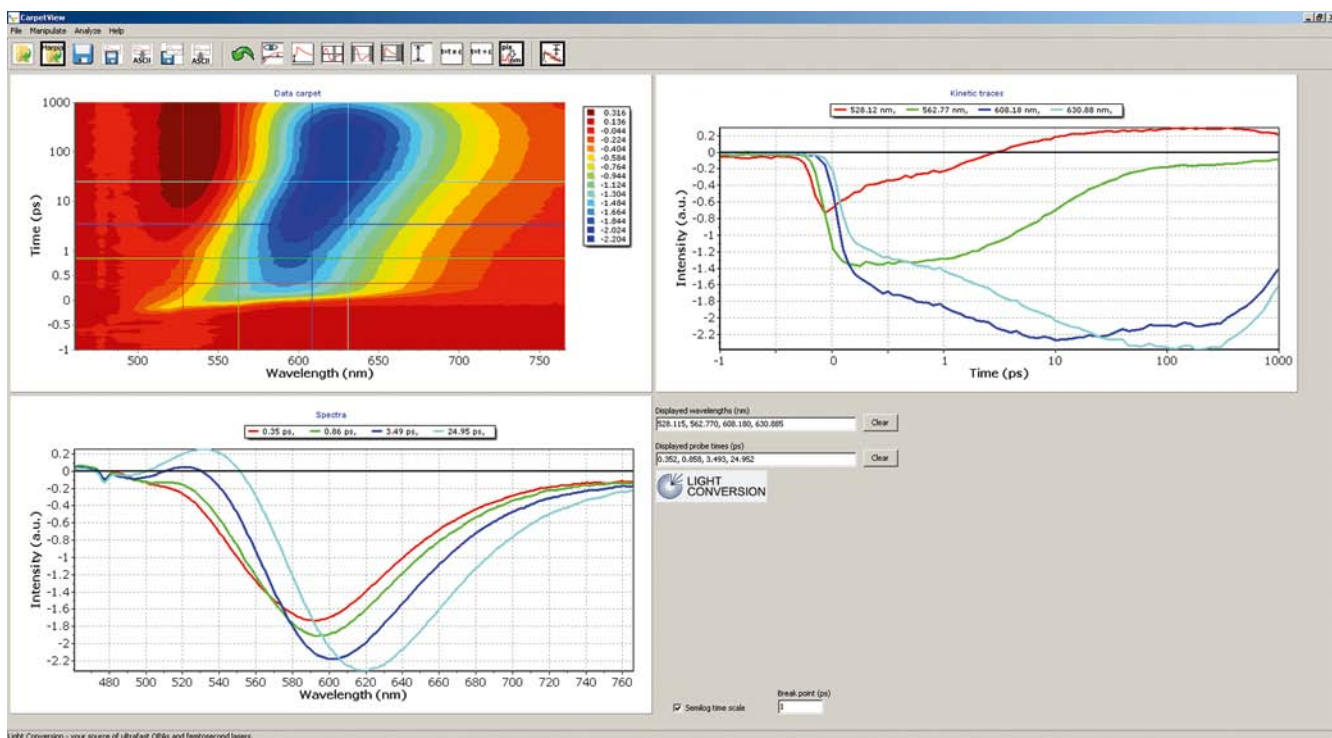
CarpetView 是专门用于检查、可视化和分析超快光谱数据的软件包。

该软件拥有两种视图：

- 经典视图，专门用于泵浦探测和时间分辨荧光数据集。
- 3D，用于2D电子光谱（2DES）和荧光寿命成像（FLIM）数据集。

可视化功能包括

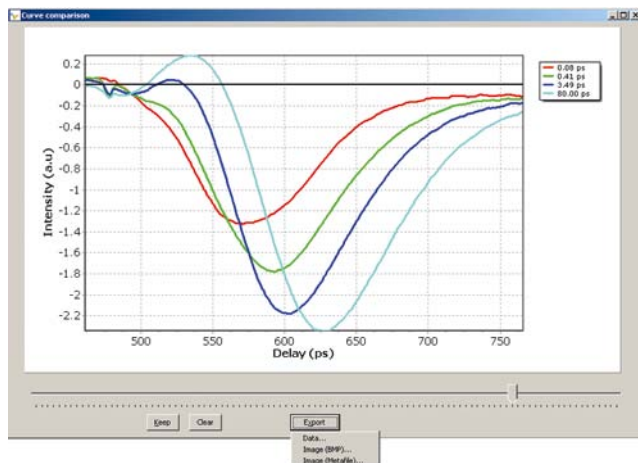
- 光谱时间瞬态吸收或荧光数据的等高线总览图。
- 点击选择时间和光谱切片。
- 单图比较多个时间选通光谱或动力曲线。
- 导出生成的图形，位图或元文件格式。
- 导出 ASCII 格式的所选图形数据。
- 动力曲线中的线性和半对数时间轴，帮助可视化光谱在时间上多个数量级的变化。



图解 1. 显示泵浦探测数据集的 CarpetView 经典主窗口

除了查看数据之外，您还可以执行简单的数据操作，例如：

- 纠正探测光啁啾。
- 合并不同光谱窗口测量的两个数据集。
- 限制或移除受污染的光谱或时间区域。
- 预设时间零信号相减。
- 使用在您的设置上测量的参考吸收光谱来校准光谱。
- 移动或重新调节探测时间。
- 在波数、电子伏特和纳米之间切换波长测量形式。
- 平滑的光谱或曲线，以消除噪音。



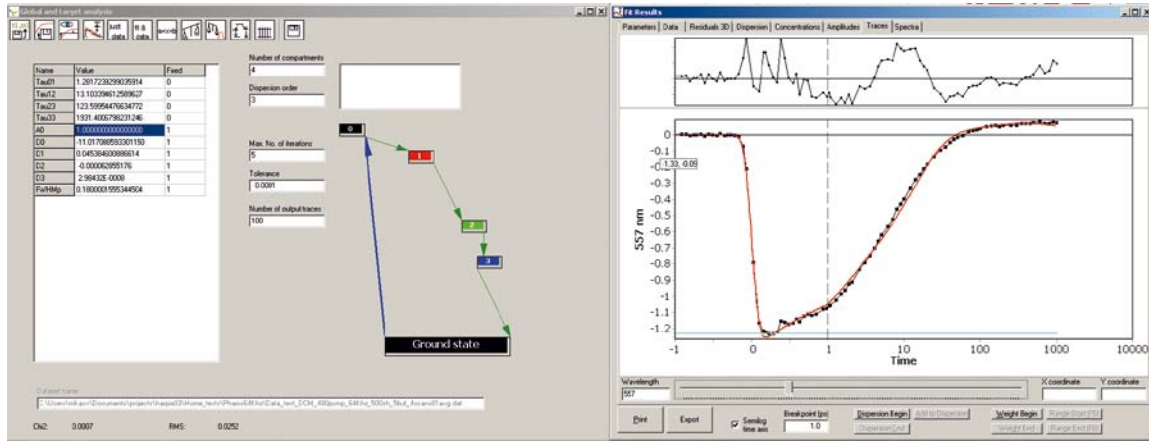
图解 2. CarpetView 光谱查看器窗口

### 全局和目标分析超快数据

强大的分析工具，为您的光谱时间数据提供拟合功能。使用用户自定义的隔室模型分析数据，不同隔室使用线性微分方程互相连接。拟合程序还允许在数据中包括探测光线性调频，利用高斯仪器响应函数执行去卷积。

- 图形构造模型。
- 通过点击操作估计色散曲线的初始参数。

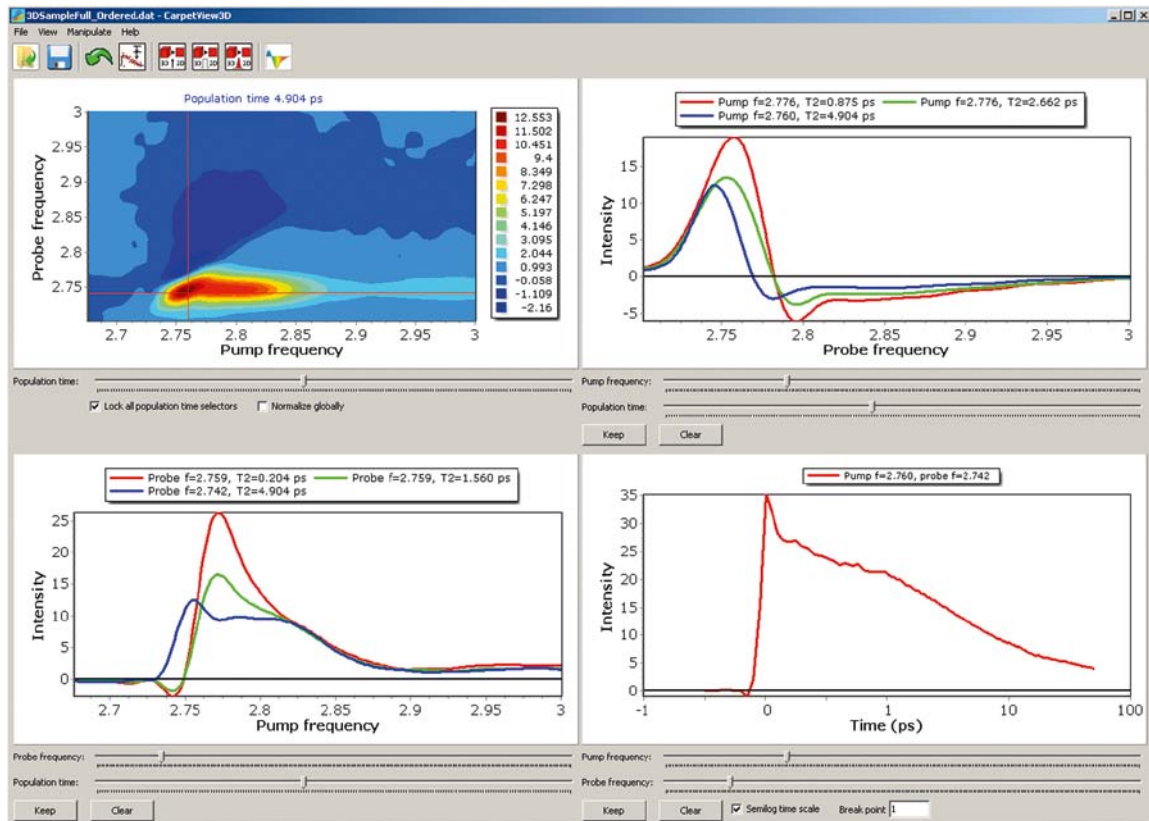
- 高级点加权函数，实现物理上合理的拟合。
- 综合概览拟合结果，包括隔室总体、隔室光谱、叠加在数据和残差上的拟合曲线。
- 生成报告。
- 导出 ASCII 格式的拟合数据。
- 导出元文件和位图格式的拟合图。



图解 3. CarpetView 全局和目标分析窗口

### CarpetView 3D 版本

- 包括经典版本全部功能。
- 可视化，检查和操作在 2DES 或 FLIM 实验中获得的数数据立方体。
- 对整个数据立方体或其二维切割执行全局和目标分析。
- 执行简单数据操作：
  - Binning、
  - 光轴重新调整、
  - 从数据立方体提取二维数据集。



图解 4. 显示二维光谱数据集的 CarpetView-3D 主窗口



**Geco**

## 扫描式自相关仪



### 特性

- 10 fs – 20 ps 脉宽范围
- 500 – 2000 nm 范围内的单组光学元件
- 高分辨率音圈驱动延迟线
- 非共线强度和共线干涉自相关迹线
- 用于脉宽测量的板载脉冲分析软件
- 集成控制器和计算机
- 非色散偏振控制
- 可利用的 FROG 和 FTIR

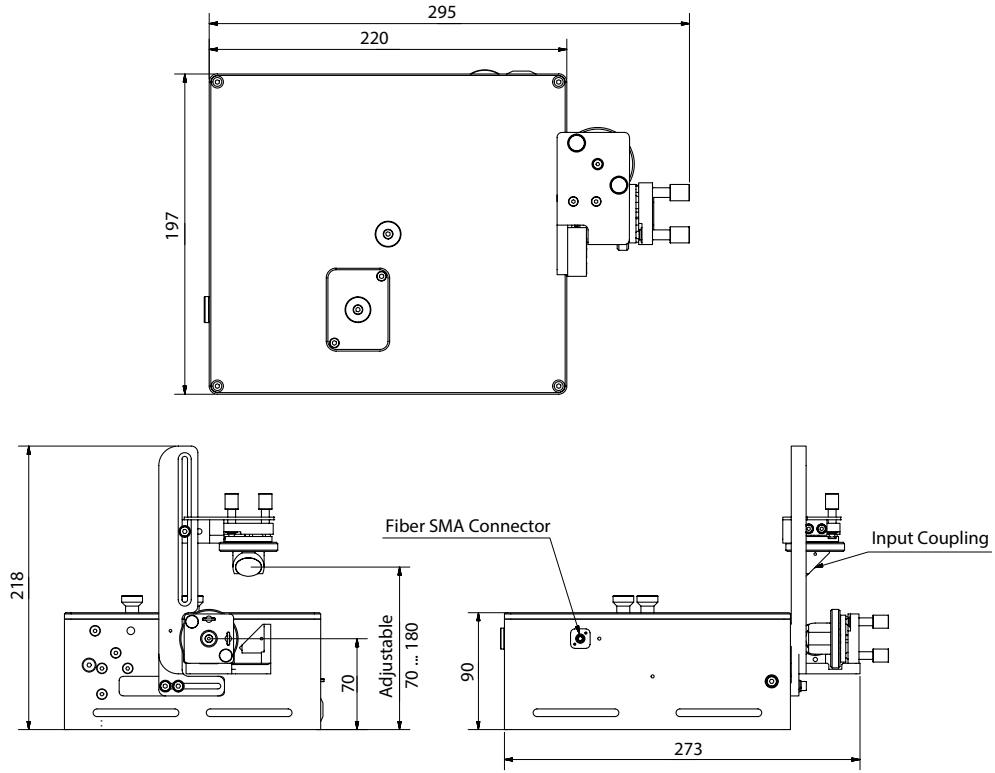
GECO 的操作基于非线性晶体生成的非共线二次谐波，产生与输入光束脉宽直接相关的强度自相关曲线。基本脉冲的一个臂通过磁性线性定位阶段延迟，以  $<0.15$  fs 的分辨率提供快速，可靠的运动。GECO 可以获得 10 fs 至 20 ps 脉冲的全强度自相关曲线，覆盖 500 nm 至 2000 nm 的完整波长范围。

GECO 具有非共线性角度调整功能，可以简单地转换为共线设置，从而可以执行干涉自动相关测量，这对于 10 fs 范围内的脉冲非常有用。自相关仪的双臂具

有相同的色散参数，以获得最准确的结果。也可以通过简单地更换和去除一些原件来将 GECO 切换到迈克尔逊干涉仪配置，从而允许用户执行 FTIR 或其他期望的测量。GECO 带有一个便利的脉冲分析软件，提供简单的脉宽测量。计算机集成在自相关仪内部，因此可通过 TCP / IP 协议通讯，确保无故障安装。软件和硬件也可以产生 FROG 踪迹，只要外部光谱仪连接到光纤耦合器。软件 API 可用于自定义用户改编。

### 规格

输入波长范围	500 – 2000 nm
时间分辨率	0.13 fs/步
可测量脉宽	10 – 20000 fs
最小平均辐射功率	2 – 200 mW @ 1 – 1000 kHz
扫描速率	5 扫描次数/秒 @ 1 – 1000 kHz
探测器	硅光电二极管



GECO 外形图



# TiPA

## 单次自相关仪用于测量脉冲前沿倾斜和脉宽



### 特性

- 30 fs – 1 ps 脉宽范围
- 500 nm – 2000 nm 波长范围
- 测量脉冲前沿倾斜信息
- 便携紧凑设计
- 高速 12 位 CCD 相机
- 用于脉宽测量的脉冲分析软件

成，其中二次谐波波束的空间分布包含关于基波脉冲波形的信息。此技术结合了低背景光和单次测量的能力。基本理念是基波超短脉冲的两个副本非共线地通过非线性晶体，在其中生成二次谐波。在垂直于传播的平面中，二次谐波波束的宽度和倾斜度提供了关于脉宽和脉冲前沿倾斜的信息。二次谐波光束由集成的 CCD 相机进行采样。

TiPA 包含方便易用的软件包，可以在线监控输入脉冲的属性。

TiPA 是一款基于啁啾脉冲放大技术，不可多得的超短脉冲激光系统对准工具。它拥有独特的设计，可以监测和测量脉宽以及垂直和水平面的脉冲前沿倾斜信息。TiPA 是直接和精准测量脉冲前沿直接倾斜信息的工具。TiPA 的操作基于非共线性二次谐波 (SH) 生

### TiPA 型号\*

型号	工作波长
AT1C1	700 – 900 nm
AT2C1	900 – 1100 nm
AT5C3	500 – 2000 nm

\* 非标准型号可根据要求提供。

### 性能规格

波长范围	500 – 530 nm	530 – 700 nm	700 – 2000 nm
时间分辨率	~500 fs/mm		
可测量脉宽	40 – 120 fs	40 – 1000 fs	30 – 1000 fs
最小平均辐射功率	~5 mW	~5 mW	~1 mW
探测器	CCD		

### CCD 规格

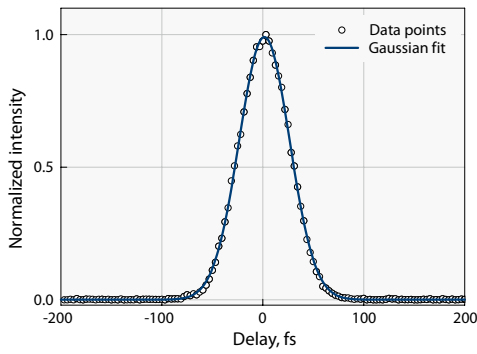
最大分辨率	1296 (H) × 964 (V)
像素大小	3.75 μm × 3.75 μm
模数转换器	12 位
光谱响应 *	0.35 – 1.06 μm
USB 总线功耗	2 W (最大) 5 V 时

\* 玻璃窗。

### 尺寸

一般外壳尺寸	123 (宽) × 155 (长) × 68 (高) mm
建议安装区域	212 (宽) × 256 (长) mm
光束拦截高度	100 – 180 mm

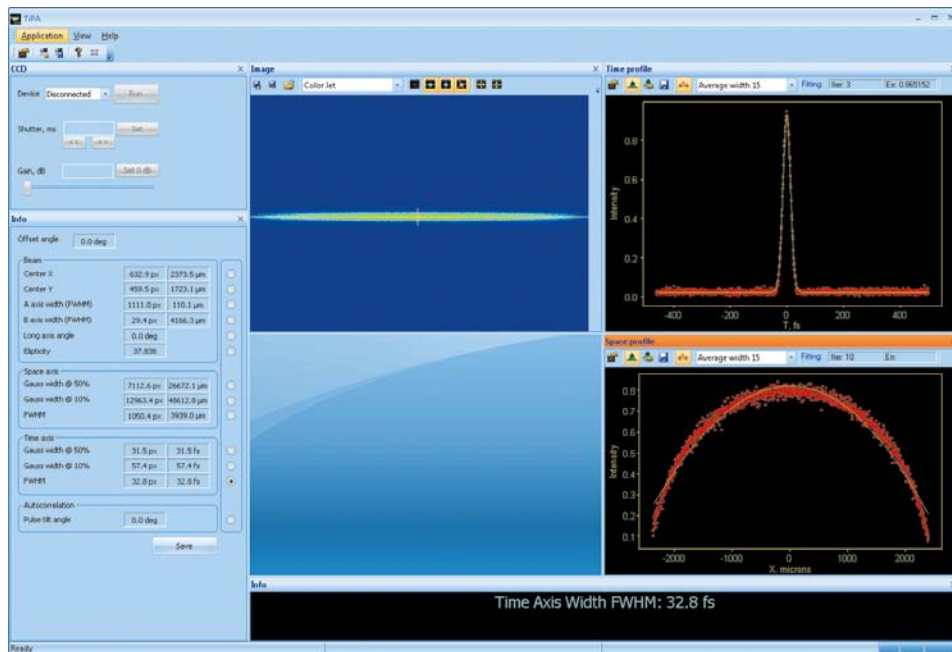
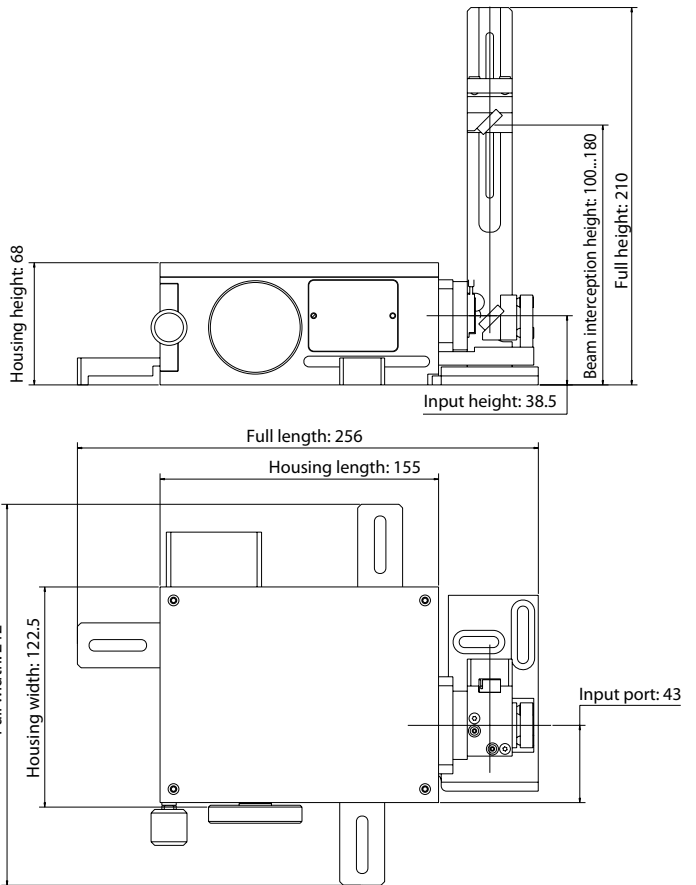
## 用数据拟合的样本自相关



TOPAS 闲频光自相关拟合，1700 nm (40 fs 泵浦)

### 测量信息

高斯宽度：	18.8 px – 58.8 fs
FWHM 宽度：	19.2 px – 59.8 fs
高斯脉冲带宽：	41.6 fs
Sech <sup>2</sup> 脉冲带宽：	38.2 fs
脉冲倾角：	-0.210 deg



TiPA 软件窗口视图。

左侧为 CCD 控制和信息面板；中间是 CCD 捕获的图像；  
右上和右下分别是图像经高斯拟合后处理的时间轮廓，和图像经处理的空间轮廓

# 各地分销商列表

**澳大利亚** **Lastek Pty Ltd**  
Thebarton, Australia  
Tel: +61 8 84 438 668  
alex.stanco@lastek.com.au  
http://www.lastek.com.au

**比荷卢经济联盟** **Laser 2000**  
Vinkeveen, Netherlands  
Tel: +31 297 266 191  
pkramer@laser2000.nl  
http://www.laser2000.nl

**巴西** **Photonics**  
São Paulo, Brazil  
Phone: +55 11 2839-3209  
info@photonics.com.br  
http://www.photonics.com.br

**捷克共和国** **Measurement Technic**  
Moravia Zastávka, Czech Republic  
Phone: +420 739 420 134  
info@mt-m.eu  
http://www.mt-m.eu

**中国** **Genuine Optronics Limited**  
Shanghai, China  
Tel: +86 21 64 325 169  
jye@gen-opt.com  
http://www.gen-opt.com

**中国** **Sanbao Xingye Image Tech. Co.**  
Beijing, China  
北京总部 : 010 - 5126 2828  
杭州分部 : 0571 - 8518 3920  
lij@mvlz.com  
http://www.mvlz.com

**法国** **Optoprim SAS Paris**  
Paris, France  
Phone: +33 1 41 90 33 77  
fbeck@optoprim.com  
http://www.optoprim.com

**法国和瑞士** **Marc Watremez**  
Industrial Market Development Manager  
Phone: +33 609 16 9538  
marc.w@lightcon.com

**德国** **TOPAG Lasertechnik GmbH**  
Darmstadt, Germany  
Phone: +49 6151 4259 78  
info@topag.de  
http://www.topag.de

**匈牙利** **RK Tech Ltd.**  
Budapest, Hungary  
Tel: +36 1 40 20 721  
rktech@rktech.hu  
http://www.rktech.hu

**印度** **Anatech Instruments**  
Mumbai, India  
Tel: +91 22 2673 0463  
anatech@mtnl.net.in  
http://www.anatechinstruments.in

**以色列** **IL Photonics BSD Ltd.**  
Beit Shemesh, Israel  
Tel: +972 2 992 1480  
moshe@ILPhotonics.com  
http://www.ILPhotonics.com

**意大利** **Optoprim S.r.l.**  
Monza, Italy  
Phone: +39 039 834 977  
info@optoprim.it  
http://www.optoprim.it/

**日本** **Phototechnica Corp.**  
Saitama, Japan  
Phone: +81 48 871 0067  
kkakuta@phototechnica.co.jp  
http://www.phototechnica.co.jp

**韩国** **L2K (Laser Leader Of Korea) Co., Ltd**  
Daejeon, Korea  
Phone: +82 42 934 7744 ~ 6  
sales@L2K.kr  
http://www.l2k.kr

**韩国** **MJL Crystek Inc.**  
Daejeon, Korea  
Phone: +82 42 471 8070 ~ 2  
mjl@mjlinc.com  
http://www.mjlinc.com

**波兰** **Amecam**  
Warszawa, Poland  
Phone: +48 22 207 2278  
amecam@amecam.pl  
http://www.amecam.pl

**俄罗斯** **ООО "ПромЭнергоЛаб"**  
Moscow, Russia  
Phone: +7 495 22 11 208  
info@czl.ru  
http://www.czl.ru/

**瑞典** **Acal Bfi Nordic AB**  
Sundbyberg, Sweden  
Tel: +46 706 181 271  
lars.litzen@acalbfi.se  
http://www.acalbfi.com

**新加坡** **Acexon Technologies Pte Ltd**  
Singapore  
Tel: +65 6565 7300  
sales@acexon.com  
http://www.acexon.com

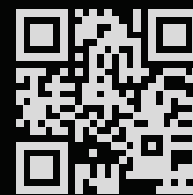
**瑞士** **Dyneos AG**  
Effretikon, Switzerland  
Tel: +052 355 12 40  
info@dyneos.ch  
http://www.dyneos.ch

**台湾** **Alaser**  
Taipei, Taiwan  
Tel: +886 2 5551 5560  
alexfu@alaser.com.tw  
http://www.alaser.com.tw

**英国** **Photonic Solutions**  
Edinburgh, UK  
Phone: +44 0 131 664 8122  
john.oconnor@photronicsolutions.co.uk  
http://www.photronicsolutions.co.uk

**美国和加拿大** **Altos Photonics Inc.**  
Bozeman, MT, USA  
Phone: +1 866 658 5404  
Fax: +1 866 658 7357  
sales@altosphotronics.com  
http://www.altosphotronics.com

为科研人员和工程师设计的交互计算软件  
toolbox.lightcon.com



## 为光学参数换算烦恼？

尝试我们的交互计算工具 Toolbox



**UAB MGF Šviesos konversija (Light Conversion)**  
Keramiku 2B, LT-10233 Vilnius  
Lithuania

Tel.: +370 5 2491830  
Website: [www.lightcon.com](http://www.lightcon.com)  
Sales: [sales@lightcon.com](mailto:sales@lightcon.com)  
OPA support: [support@lightcon.com](mailto:support@lightcon.com)  
Lasers support: [lasers@lightcon.com](mailto:lasers@lightcon.com)

校订：20180227

**来特激光（深圳）有限公司**  
深圳市南山区登良路26号  
公园道大厦B座1106，邮编：518054

电话：+86 (0)755-2691-2316  
手机：+86 158-7551-0400 ( for English service )  
+86 138-2376-0064 ( 中文服务 )  
网站：[www.lightconchina.com](http://www.lightconchina.com)  
销售邮箱：[sales@lightcon.com](mailto:sales@lightcon.com)  
OPA 服务邮箱：[support@lightcon.com](mailto:support@lightcon.com)  
激光器服务邮箱：[lasers@lightcon.com](mailto:lasers@lightcon.com)