

激光测量

激光测量 ---78

1. 激光功率能量计 ---79

- 1.1.1 光电二极管功率探头 ---80
- 1.1 激光功率探头 ---80
 - 1.1.2 低功率 (<150W) 热电堆激光功率探头 ---81
 - 1.1.3 中功率 (150~500W) 热电堆激光功率探头 ---82
 - 1.1.4 高功率 (<120kW) 热电堆激光功率探头 ---83
- 1.2.1 光电二极管激光能量探头 ---85
- 1.2.2 热释电能量计探头 ---85
- 1.2 激光能量计探头 ---85
- 1.3 激光功率 / 能量计表头 ---86
 - 1.3.1 台式 / 手持表头 ---86
 - 1.3.2 电脑转接器 ---87
 - 1.3.3 功率能量测量软件 ---88
 - 1.3.4 OEM 功率 / 能量探头 ---89
- 1.4 高功率工业在线激光功率计 ---91
- 1.5 激光脉冲测量 : 快速光电探头 ---92

2. 激光光束分析仪 ---93

- 2.1.1 硅基 CCD 相机 ---93
- 2.1 面阵式激光光束分析仪 ---93
 - 2.1.2 镀磷光材料 CCD 相机 ---94
 - 2.1.3 近红外 InGaAs 相机 ---95
 - 2.1.4 热释电阵列相机 ---95
 - 2.1.5 光束分析软件 ---96
 - 2.1.6 光束分析仪附件 ---97
- 2.2 狭缝扫描光束分析仪 ---100
- 2.3 M^2 分析仪 ---101
 - 2.3.1 M^2 测试简介 ---101
 - 2.3.2 BeamSquared 全自动 M^2 分析仪 ---102

2.4 高功率激光在线光束分析仪 ---103

- 2.4.1 BeamWatch 非接触式大功率激光焦点分析仪 ---103
- 2.4.2 BeamWatch Integrated---103
- 2.4.3 BeamWatch® AM 增材制造专用激光焦点分析系统 ---104
- 2.4.4 BeamPeek 增材制造激光分析系统 ---104
- 2.5 高精度焦点分析仪 ---105
 - 2.5.1 STD 型焦斑分析系统 ---105
 - 2.5.2 02 型焦斑分析系统 ---106
 - 2.5.3 激光采样衰减器 ---106

3. 波前位相测试 ---108

- 3.1 波前传感器 SID4---108
- 3.3 传递函数 (MTF) 测试系统 ---111
- 3.4. 动态干涉仪 ---112
- 3.5 自定义光学计量方案 ---113
- 3.6 定量位相成像 ---114
- 4.1 BRISTOL 激光波长计及频谱仪 ---115

4. 激光波长计及频谱仪 ---115

- 4.2 掌上式波长计、光谱仪 ---118
- 4.3 小型光栅光谱仪 ---120
- 4.4 掌上型光谱仪 ---121

5. 激光防护 ---122

激光测量

简介

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

激光器研发生产中的激光测量

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

科学研究中的激光测量

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

激光工业应用

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

医学、民用及计量质检

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

通常而言，激光器的特性主要包括如下几个方面：

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

先锋科技提供全方位的激光测量设备：

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

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

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

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

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

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

1. 激光功率能量计

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

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

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

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

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

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

1.1 激光功率探头

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

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

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

1.1.1 光电二极管功率探头

特点：

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

1) 标准光电二极管功率探头

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



2) 圆形光电二极管探头

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



3) 特殊的光电二极管探头

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

4). 积分球探头

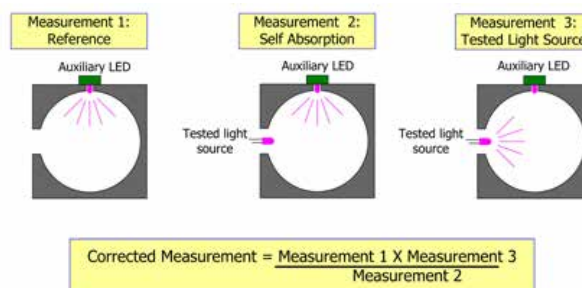
Ophir 可提供多种尺寸规格的积分球和探测器，用于测量大发散角光源。

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



5) LED 测量产品

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



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

1.1.2 低功率 (<150W) 热电堆激光功率探头



- 高灵敏度探头
- 传导制冷
- 低噪声, 噪声水平 2uW、低漂移 (2-10uW)
- 宽带 (0.19-20μm) 吸收膜层, 响应谱线平坦, 适合 CW 测量
- 特殊的热电偶结构快速响应时间, 最快可达 0.8s
- 多种吸收膜层选择适合连续、短脉冲、高能量密度和高能量密度
- 功率范围 300fW 到 150W
- 最大 50W 连续测量, 150W 间断测量
- 能量范围 (15μJ 到 200J)
- 校准 THz 波段, 适合太赫兹功率能量测量
- 可用于单发脉冲能量测量
- 提供光纤适配器、BNC 模拟输出等附件

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

1.1.3 中功率（150~500W）热电堆激光功率探头



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

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

1.1.4 高功率 (<120kW) 热电堆激光功率探头

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

1) 千瓦级风冷热电堆功率探头



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

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

2) 千瓦级水冷热电堆功率探头



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

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

3) 十千瓦级水冷热电堆功率探头



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

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

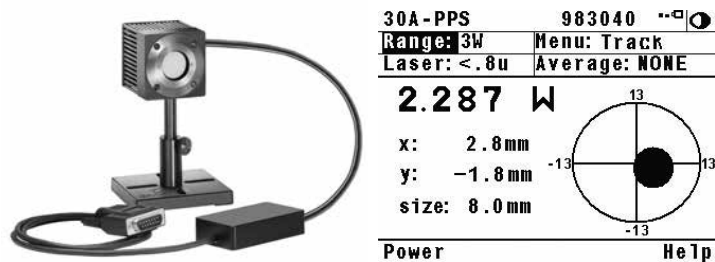
4) 千瓦 - 万瓦手持式热电堆功率计——操作方便，精度高（5%），适合工业生产使用。



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

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

5) Beam Track 功率 + 光斑探头



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

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

1.2 激光能量计探头

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

1.2.1 光电二极管激光能量探头



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

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	能量范围	最大频率
PD10-C	nJ 级硅光电探头	Φ10mm	0.19-1.1μm	1nJ-20μJ	20kHz
PD10-IR-C	pJ 级锗光电探头	Φ5mm	0.7-1.8μm	1nJ-600nJ	10kHz
PD10-pJ-C	pJ 级硅光电探头	Φ10mm	0.2-1.1μm	10pJ-200nJ	20kHz
PD10-IR-pJ-C	pJ 级锗光电探头	Φ5mm	0.7-1.8μm	30pJ-20nJ	10kHz

1.2.2 热释电能量计探头



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

产品型号	产品特点	探头口径	波长范围	能量范围	最大频率
PE9-C	25kHz 快速响应探头	Φ8mm	0.15-12μm	0.2uJ-1mJ	25,000Hz
PE9-ES-C	25kHz 快速相应探头	Φ8mm	0.15-12μm	0.1uJ-200uJ	20,000Hz
PE10-C	热释电高灵敏能量探头	Φ12mm	0.15-12μm	1uJ-10mJ	25,000Hz
PE10BF-C	高损伤阈值能量探头	Φ12mm	0.15-3μm, 10.6μm	7uJ-10mJ	250Hz
PE25-C	中等口径探头	Φ24mm	0.15-3μm	8uJ-10J	10,000Hz
PE25BF-C	高损伤阈值探头	Φ24mm	0.15-3um, 10.6um	60uJ-10J	250Hz
PE25BF-DIF-C	高能量密度激光测试	Φ20mm	0.335-2.2μm	100uJ-10J	250Hz
PE50-C	高重复频率，大口径探头	Φ46mm	0.15-3μm	10uJ-10J	10,000Hz
PE50BF-C	大口径，高损伤阈值探头	Φ46mm	0.15-3μm, 10.6μm	120uJ-10J	250Hz
PE50-DIF-C	高重复频率，高损伤阈值	Φ35mm	0.355-2.2μm, 2.94μm	20uJ-10J	10,000Hz
PE50-DIFH2-C	高重复频率，更高损伤或值	Φ35mm	0.355-2.2μm, 2.94μm	100uJ-10J	10,000Hz
PE50-UV-DIFH-C	高重频，更高损伤或值，紫外校准	Φ35mm	0.19-0.355um	100uJ-10J	10,000Hz
PE50BF-DIF-C	高损伤阈值	Φ35mm	0.355-2.2μm, 2.94μm	200uJ-10J	250Hz
PE50BF-DIFH2-C	超高损伤阈值可拆卸 diffuser,	Φ35mm	0.355-2.2μm, 2.94μm	200uJ-10J	250Hz
PE50BF-UV-DIFH-C	超高损伤阈值，紫外校准	Φ35mm	0.19-0.355um	200uJ-10J	250Hz
PE50BB-DIF-C	高损伤阈值，宽光谱范围，可拆卸 diffuser,	Φ46mm Φ33mm (with DIF)	"0.19-20μm; 0.4-2.5μm with DIF"	100uJ-40J	40Hz
PE50DIF-ER-C	掺钕激光优化款	Φ46mm Φ33mm (with DIF)	"0.19-3μm; 0.4-3μm with DIF"	10uJ-30J	10,000Hz
PE100BF-DIF-C	超大口径，高损伤阈值	Φ96mm Φ85mm (with DIF)	"0.15-3μm; 0.4-3um with DIF"	400uJ-40J	200Hz
FPE80-BF-DIF-C	大口径，高损伤阈值，高平均功率	Φ53mm	0.355-2.2μm, 2.94μm	1mJ-40J	250Hz
PE80-BF-DIF-C	大口径，高损伤阈值，高功率密度	Φ67mm	0.35-2.2μm, 2.94um	4mJ-40J	250Hz

1.3 激光功率 / 能量计表头

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

1.3.1 台式 / 手持表头

Centauri ——功能最强大的智能手持式激光功率能量计表头



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

StarBright ——功能最强大，彩色显示手持式激光功率能量计表头



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

VEGA ——功能最全，彩色显示手持式激光功率能量计表头



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

Nova II ——手持式多功能激光功率能量表



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

Laserstar ——多功能激光功率 / 能量表



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

StarLite ——经济型激光功率能量表头



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

1.3.2 电脑转接器

电脑转接器识别、连接探头，并负责探头与台式电脑、掌上电脑之间的通讯。



Juno——微型 USB 电脑连接器

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



Juno+

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



Quasar——无线蓝牙激光功率能量表头

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



Pulsar-4——Pulsar 多通道激光功率 / 能量表 USB 接口

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



EA1

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

1.3.3 功率能量测量软件



StarLab 软件

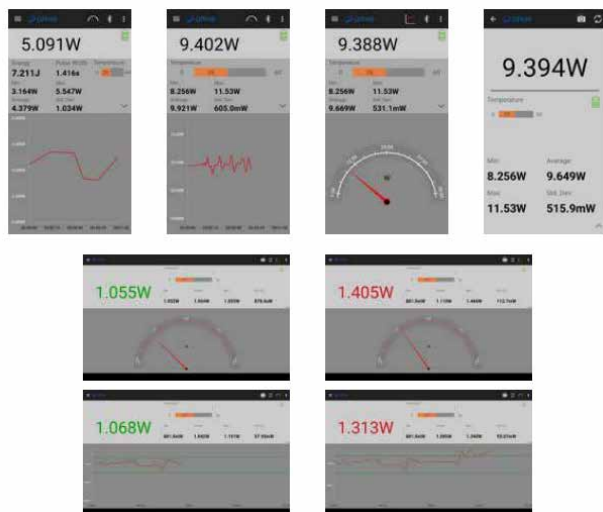
Ophir 公司专业的数据分析、处理、保存与监测软件，人性化的设计界面，强大的数据处理功能。

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

StarViewer Android 应用程序

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

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



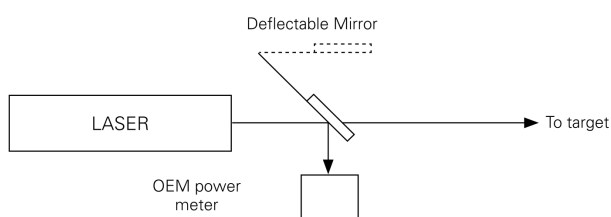
1.3.4 OEM 功率 / 能量探头

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

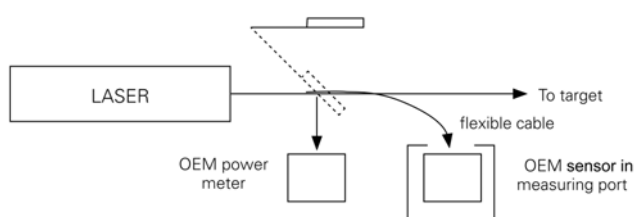
- 可适应直接测量、采样测量、后镜漏光测量等多种测量方式；
- 根据用户需求提供各种不同尺寸、不同封装和装卡方式产品；
- 根据用户需求提供不同电子信号处理（放大电路），不同信号（数字或模拟）输出形式产品；
- 根据客户需求提供裸板或模组，方便用户系统集成。

1) OEM 探头集成方式示意

分光式



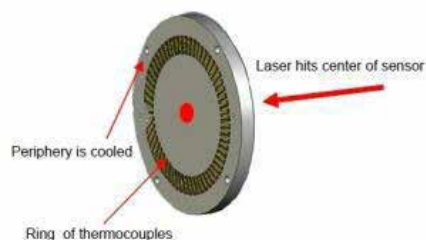
取样式



背光式



2) OEM 探头配置方案部分类型



可支持如下电路输出方式：

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

3) 标准 OEM 功率计探头

产品参数



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

4) Ophir 标准 OEM 能量计探头

参数



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

5) 尾光吸收器 Beam Dump (激光截止器)



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

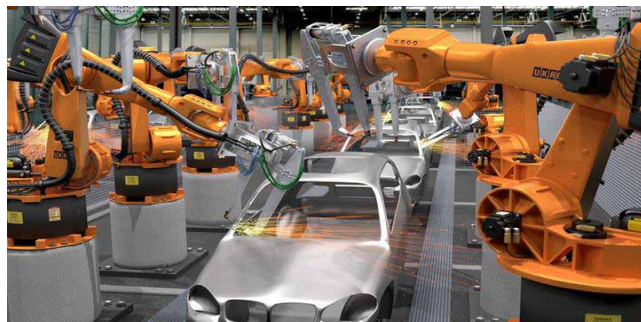
- 功率范围: 500W-11000W
- 高损伤阈值
- 波长范围: 0.19-20μm
- 风冷、水冷两种冷却方式

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

1.4 高功率工业在线激光功率计

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

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



1) Helios Pro 万瓦在线功率计



在线测量，快速响应、无需水冷风冷、便于系统集成

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



2) 一体式 8kW 功率计 Ariel



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

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



3) IPM-10kW 万瓦水冷在线功率计



IPM-10kW

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

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



IPM-Shutter10



IPM-10kW
with IPM-Shutter10



With shutter open



IPM-COM-Profinet



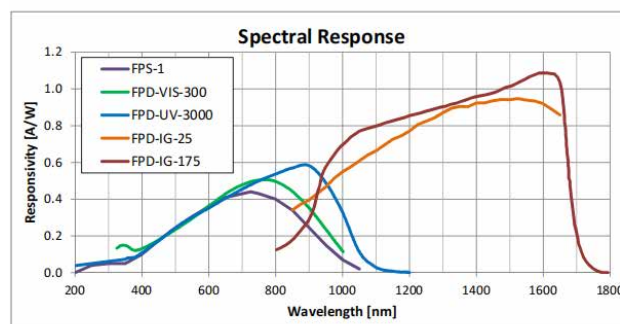
IPM-COM-EtherNet/IP-M

1.5 激光脉冲测量：快速光电探头



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

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

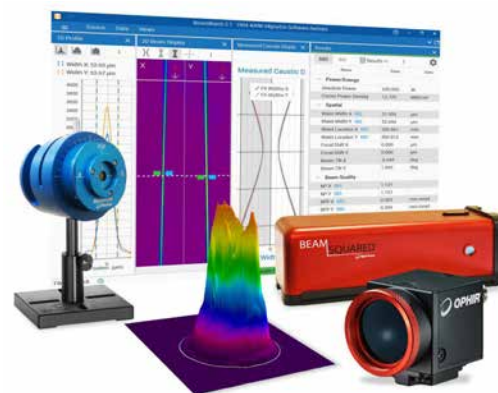


2. 激光光束分析仪

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

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

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



2.1 面阵式激光光束分析仪

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

完整的光束分析系统由四部分构成：

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

2.1.1 硅基 CCD 相机



主要特点

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

主要应用领域

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

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

2.1.2 镀磷光材料 CCD 相机



SP203P

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

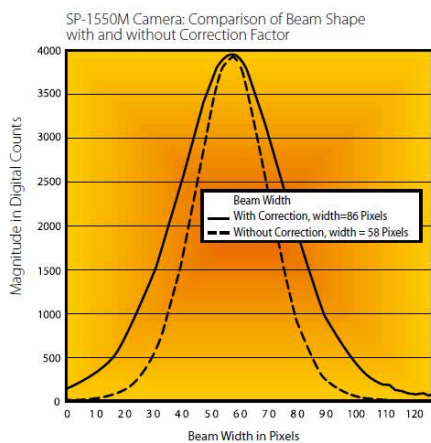
主要特点

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

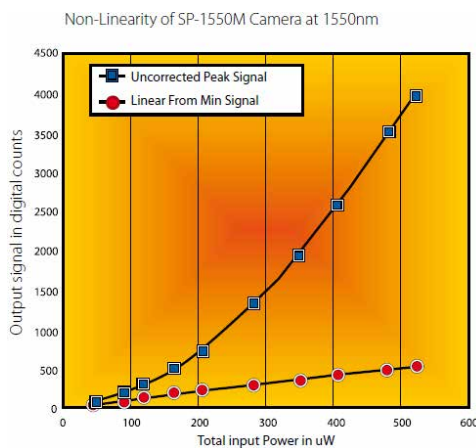
主要应用领域

光通讯，OPO 激光等。

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

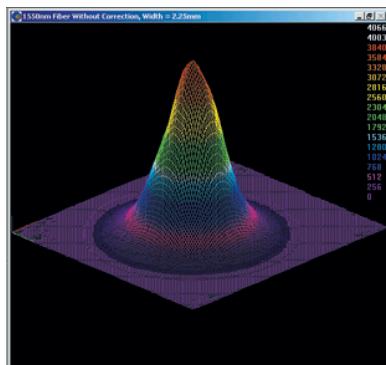


线性和非线性光斑大小测量对比

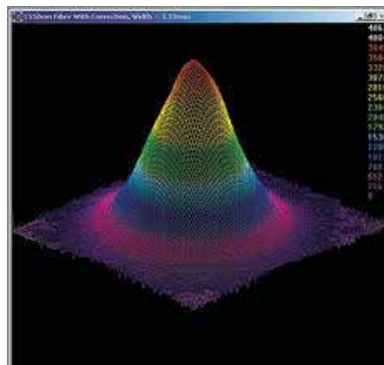


线性和非线性信号输出对比

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



线性校准前



线性校准后

2.1.3 近红外 InGaAs 相机



XC-130

SP1201/1203

主要特点：

量子效率高，暗电流小，灵敏度高，曝光时间范围宽。

主要应用领域：

空间遥感、夜视、侦察与监视、遥感系统、红外成像制导、光电对抗等。

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

2.1.4 热释电阵列相机



Pyrocam IV

Pyrocam IIIHR

主要特点：

13-355nm&1.06-3000μm 超宽波长覆盖。

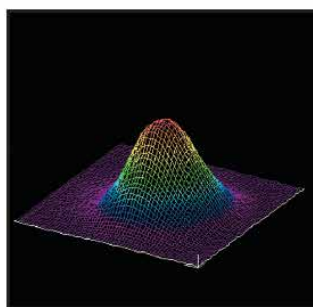
主要应用领域：

CO₂ 激光，光通讯，太赫兹，自由电子激光器等。

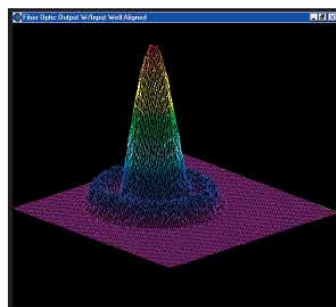
配合 M² 分析软件及自动导轨，可以测量 M² 因子。

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

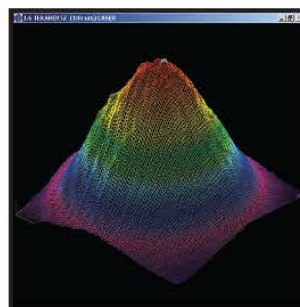
相机型号	Pyrocam III HR	Pyrocam IV
波长范围	13-355nm&1.06-3000μm	13-355nm&1.06-3000μm
芯片尺寸	12.8mm×12.8mm	25.6mm×25.6mm
像元大小	75μm×75μm	75μm×75μm
分辨率	160×160	320×320
灵敏度	64nw/pixel(CW) 0.5nJ/pixel(Pulsed)	64nw/pixel(CW) 0.5nJ/pixel(Pulsed)
损伤阈值	8W/cm ² (CW) 600mJ/cm ² (1ms Pulse)	8W/cm ² (CW) 600mJ/cm ² (1ms Pulse)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



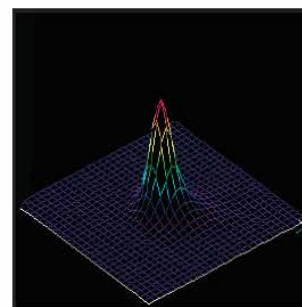
Er:YAG laser at 2.9μm.
YAG 激光



Output of infrared fiber optic.
红外光纤出光



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

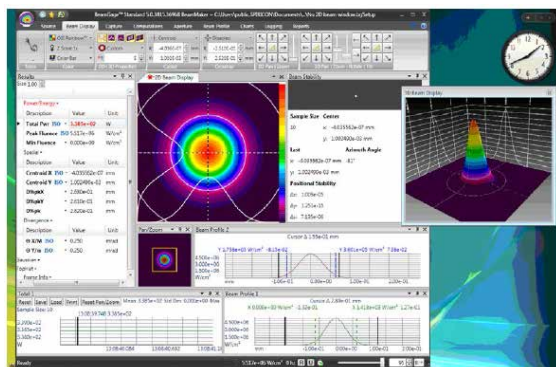


Free Electron laser at 100μm.
自由电子激光

2.1.5 光束分析软件

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

1) 专业级光束分析软件 BeamGage



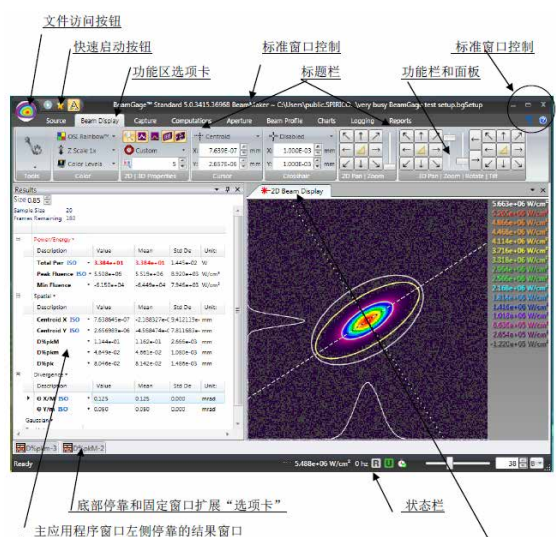
Spiricon 专业光斑分析软件历经了 LBA、Beamstar、BeamGage 四个阶段。每一个版本均继承了上一代精准的测试分析能力以及友好的用户界面，同时又随相机硬件技术、电脑硬件技术以及激光器的发展，不断提供更高的性能和更丰富的功能。

软件特点

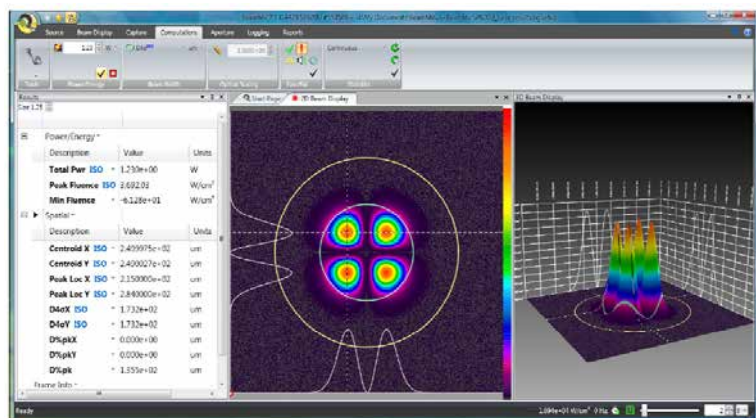
- BeamGage 软件结合了 LBA 软件精确测量的特点和 BeamStar 软件操作方便的特点
- 软件界面更人性化，操作更便捷，可任意改变窗口大小，支持多监视器操作
- 可同时显示 1 维、2 维、3 维的功率分布，3 维显示中增加了两个侧面的投影功能，可以帮助用户更直观的了解激光光斑的分布情况
- Ultra CAL 功能符合 ISO11146 对于光斑测量基线校准方法的标准，扣除背景噪声，得到更精准的 ISO 认证标准的光斑数据（详情见 ISO 11146-3-2004）
- 延续并增强了 LBA 光斑指向稳定性的功能，以图表和散点的形式显示结果
- 兼容同步的功率能量数据
- 新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

软件功能

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



图。



软件功能

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

2) 经济型光束分析软件 BeamMic

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

软件特点

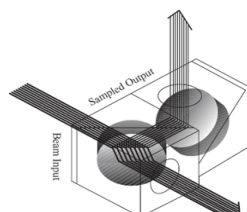
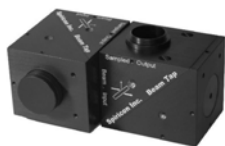
- 同样结合了 LBA 软件精确测量的特点和 BeamStar 软件操作方便的特点
- 软件界面更人性化，操作更便捷，可以任意改变窗口大小，支持多监视器操作
- 可同时显示 2 维和 3 维的功率 / 能量分布，3 维显示中增加了两个侧面的投影功能，可以帮助用户更直观的了解激光光斑的分布情况

2.1.6 光束分析仪附件

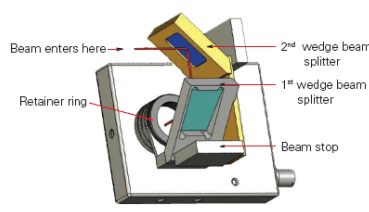
各种光学附件用于分光、衰减、改变光斑尺度、成像等。

1) 分光器

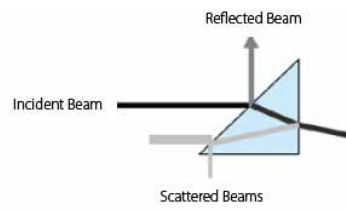
分光器将激光分成反射光和折射光两部分，适用于高功率激光的初次衰减。



Beam Tap



Beam Splitter



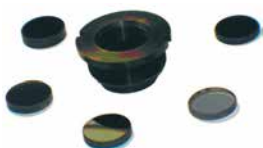
Beam Samplers

型号 主要参数	Beam Tap I&I	Beam Tap I&I YAG	可堆叠分光镜	前表面取样棱镜
波长范围	400-700nm	1064nm	190-2000nm	200nm-2.5μm
反射率	4%&0.16%	0.5%&0.0025%	5%&0.25%	0.057% & 532nm
口径大小	Φ17.5mm	Φ17.5mm	Φ15mm	14mm x 14mm
损伤阈值	1MW/cm ² CW	1MW/cm ² CW	> 5J/cm ²	> 100MW/cm ² CW
接口	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount

2) 衰减器



ND Filter



LBF-50



ATP-K Variable



UV ND Filters

高质量的中性密度滤光片，确保在衰减激光的同时保持光斑的形状。

C 接口中心滤光片可直接旋入光斑分析仪相机，并可叠加，灵活搭配各种衰减率；

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

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

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

3) LBS-300s 衰减组合 (分光 + 衰减)



仪器型号	LBS-300s-UV	LBS-300s-VIS	LBS-300s-NIR	LBS-300s-BB	LBS-300HP-NIR
波长范围	266-355nm	400-950nm	950-1800nm	190-2500nm	950-1800nm
口径大小		Φ17.5mm			Φ15mm
反射率		0.01%		0.16%	0.0001%
ND 值		0.3, 0.7, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0			
损伤阈值	100W/cm ² CW 20mJ/cm ² 10ns pulse	50W/cm ² CW 1J/cm ² 10ns Pulse			15W/cm ² CW 10J/cm ² 10ns Pulse

注：可配置 40W/500W 尾光吸收器

组合式衰减器集成了分光器和可变中型密度滤光片，可直接旋接在相机上使用。

4) LBS-400 衰减组合 (分光 + 衰减)



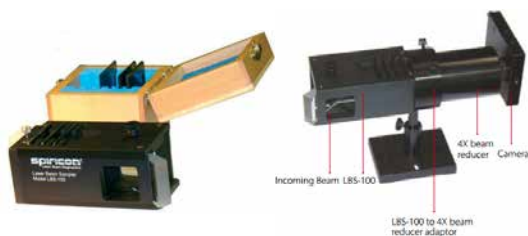
LBS-400 具备 31.75mm 大口径。

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

注：可配置尾光吸收器

5) LBS-100 组合式衰减器

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



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

注：可配置缩束适配器

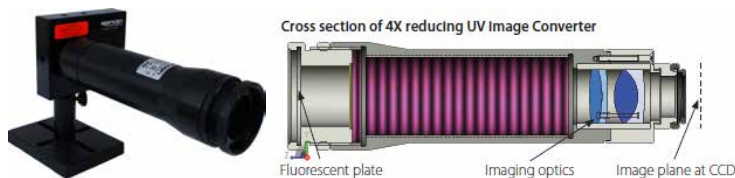
6) 扩 / 缩束器



可对激光光斑大小进行放大或缩小，以适应光束分析仪尺寸需要

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

7) 紫外转换模块

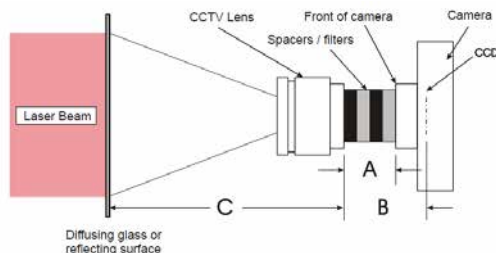


虽然 CCD 的响应可以低至 190nm, 但深紫外光 (<300nm) 的单光子能量较高, 长期直接辐照会导致 CCD 相机损坏。因此针对深紫外激光器, 例如 266nm、213nm、193nm 等激光器, 建议使用紫外转换器, 将紫外光转换成可见光探测。

主要特点

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

8) CCTV lens



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

9) 宽光束成像仪 Wide Beam Imager

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



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

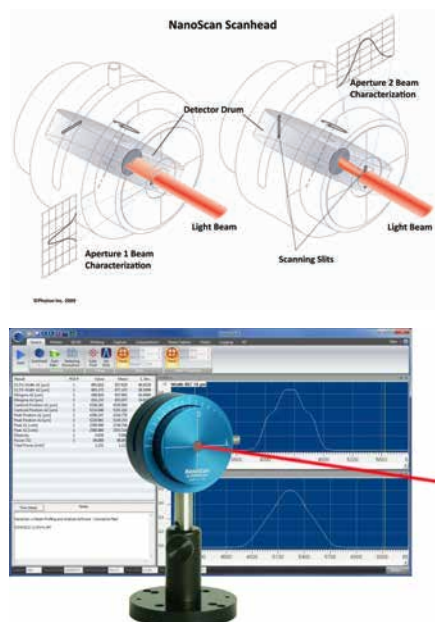
10) 焦点测量

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



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

2.2 狭缝扫描光束分析仪



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

扫描式光束分析仪的优点：

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

扫描式光束分析仪的缺点：

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

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

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

特点和功能：

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

型号指标：

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

软件功能：

NanoScan 提供 Standard 与 Professional 两种功能版本：

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

2.3 M² 分析仪

2.3.1 M² 测试简介

M² 为表征激光传输品质的无量纲数值。其数学定义为：

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

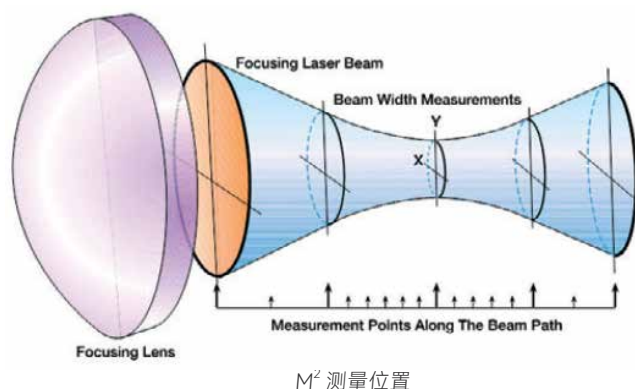
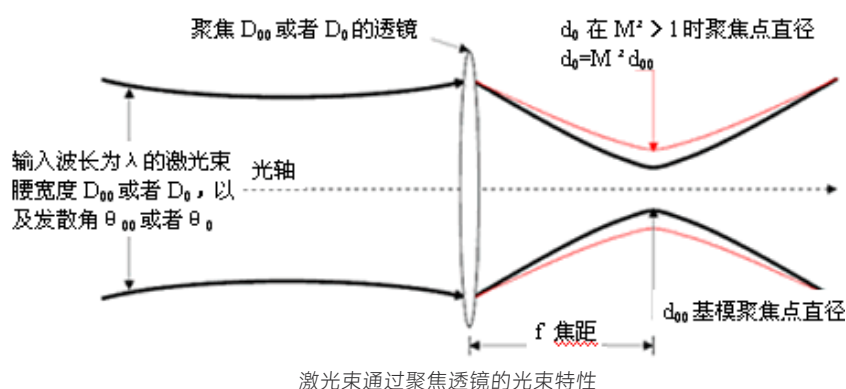
$$\text{或 } M^2 = \frac{\pi D_0 \theta_0}{4\lambda}$$

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

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

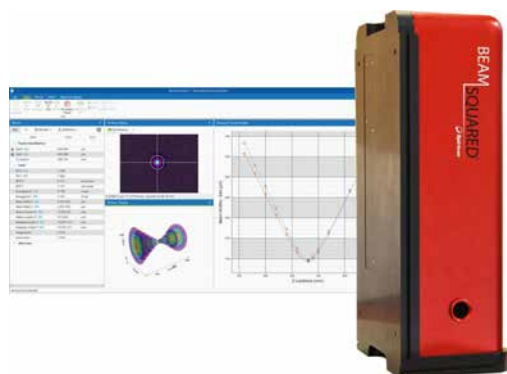
按照 ISO/DIS 标准，M² 测量不能单独取光路中某一个点的光束参数来确定，它需要先用已知焦距透镜将光束聚焦，通过测量多组束腰位置和远场位置光斑大小以及发散角从而得出 M² 值。

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



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

2.3.2 BeamSquared 全自动 M² 分析仪

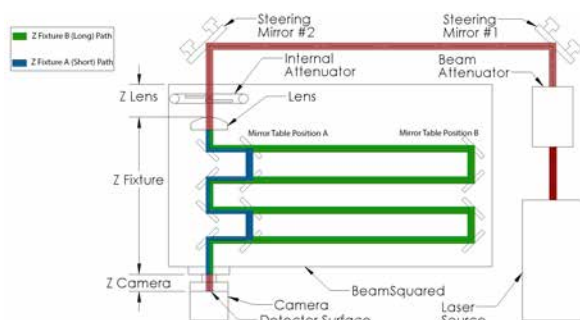


Spiricon 为全球最早推出自动化 M² 测试仪的公司，其经典型号 M²-200 已成为行业标准测试设备。历经数次迭代革新，全新推出的 M² 分析仪 BeamSquared，自动化程度更高、体积更小、测量速度更快，是激光器研发制造、工业及医疗激光评估的必备设备。

主要特点：

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

工作原理



BeamSquared 包含自动衰减器、束腰生成镜、反射镜和相机四大部分。

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

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

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

2.4 高功率激光在线光束分析仪

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

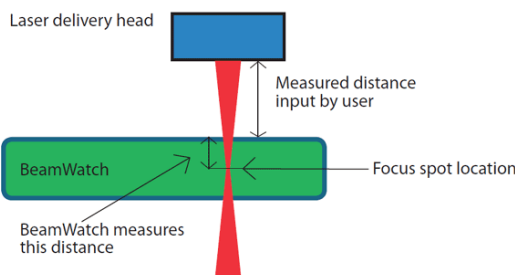
- 焦斑尺寸和形貌：直接决定聚焦所能达到的功率密度；
- 焦斑的位置：决定材料加工时定位是否准确；
- 锐利长度：在焊接 / 打孔 / 切割等应用中，激光需要以较小的光斑穿透一定的深度。

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

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

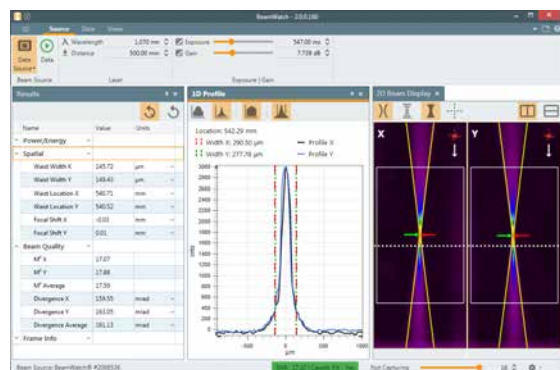
2.4.1 BeamWatch 非接触式大功率激光焦点分析仪

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



主要特点：

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



BeamWatch 软件

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

2.4.2 BeamWatch Integrated

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



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

2.4.3 BeamWatch[®] AM 增材制造专用激光焦点分析系统

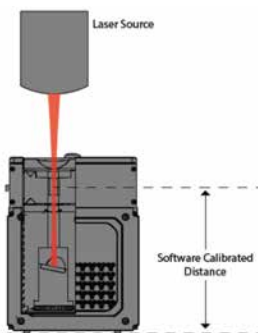


BeamWatch AM 是一款集成的激光测量系统，用于测量激光增材制造系统的关键激光束参数。包括腰（焦点）宽度和位置、焦点变化、重心、 M^2 、瑞利长度、倾角等。BeamWatch AM 测量技术是基于激光在传播时，空气中氧和氮分子对激光产生瑞利散射。对这种散射光的测量提供了对激光束在观察视图方向上的分析。同时 BeamWatch AM 内部集成了一个功率计，可测量激光功率。

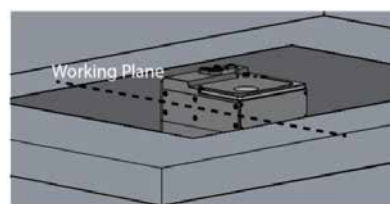
主要特点：

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

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



产品结构示意图



BeamWatch AM 使用示意图

2.4.4 BeamPeek 增材制造激光分析系统



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

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

2.5 高精度焦点分析仪

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

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

焦斑分析仪简介

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

2.5.1 STD 型焦斑分析系统



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

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

2.5.2 02 型焦斑分析系统



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

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

2.5.3 激光采样衰减器

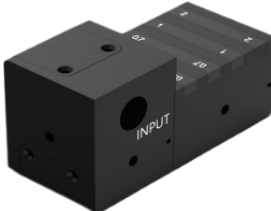
LS-V1 单楔激光采样模组 	特点： • 20mm 大通光孔径。 • 内置单片 JGS1 熔石英楔形镜采样片。 • 易于拆卸和更换的楔形镜架。 • 标称使用波段 190-1100nm。其他波段可定制。 • 633nm 处 P 光采样率 0.6701%；S 光采样率 8.1858%。 • 355nm 处 P 光采样率 0.7433%；S 光采样率 8.6216%。 • 其他波段处的采样率可索要参考数值。 • 前端配模组母接口； • 后端配模组公接口及 C-Mount 外螺纹接口。
DLS-BB 双楔激光采样模组 	特点： • 15mm 通光孔径，体积紧凑。 • 内置两片互相垂直的 JGS1 熔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

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

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

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

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

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

3. 波前位相测试

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

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

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

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

波前位相测试可用如下领域：

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

3.1 波前传感器 SID4

简介

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

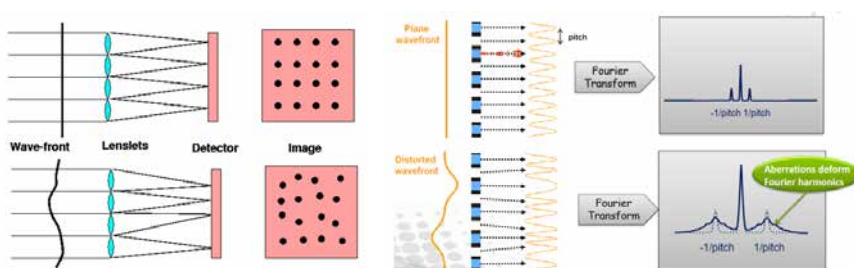
多年以来哈特曼光阑 (Shack Hartmann Mask) 被广泛用于波前传感，其取样元件是微透镜阵列。激光传输截面上，在波前倾斜的位置，波矢方向也会发生变化（波矢总是垂直于等相面），将导致激光经过微透镜后的焦点发生偏移，其偏移量正比于取样点位相的空间变化率。

这种波前传感方式的缺点主要是：

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

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

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



波前测试原理；左：哈特曼光阑；右：四波剪切干涉

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

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

1) 可见光波段波前传感器

SID4 系列适用 400nm ~ 1100nm 波长的波前位相测试。



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

2) 紫外波段波前传感器



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

3) 红外波段波前传感器



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



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

4) 超快速波前传感器

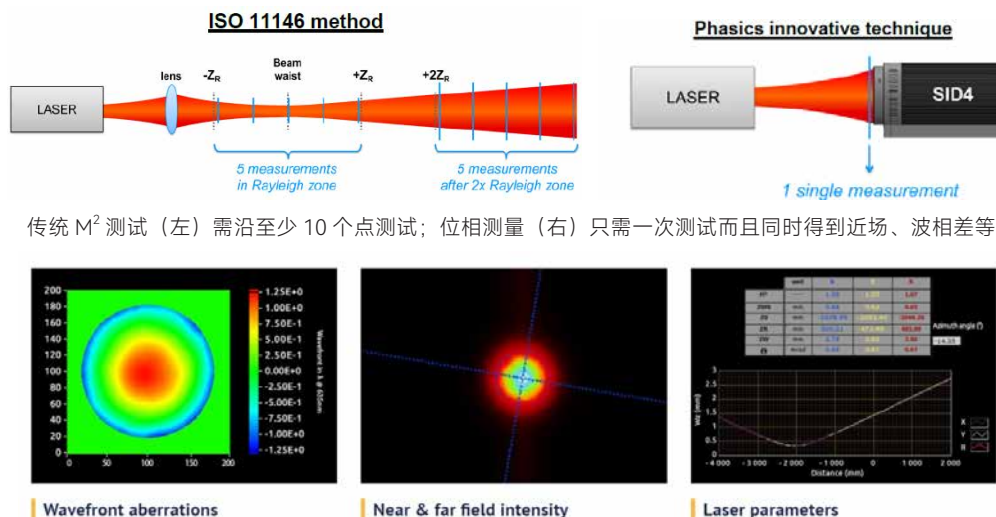


型号	口径 mm	分辨率	取样像素 μm	波段范围 nm	满幅帧速 fps	"位相分辨率 nm"
SID4-FAST	25.6×16	426×266	60	400-1100	7500	2

3.2 SID4 用于激光测量

激光光束质量评估

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

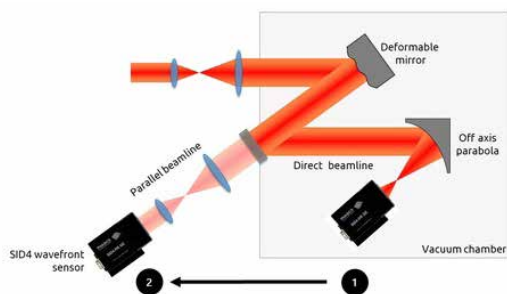


传统 M^2 测试（左）需沿至少 10 个点测试；位相测量（右）只需一次测试而且同时得到近场、波相差等

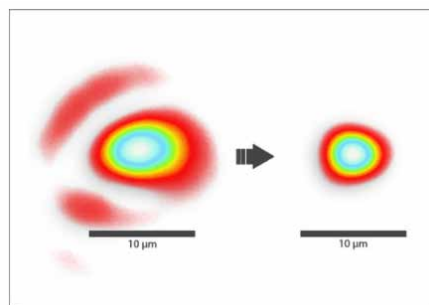
激光测试：波前（左）、近场光斑、传输与 M^2

自适应光学

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



传统（位置 1）与 SID（位置 2）自适应光学焦点优化取样点示意



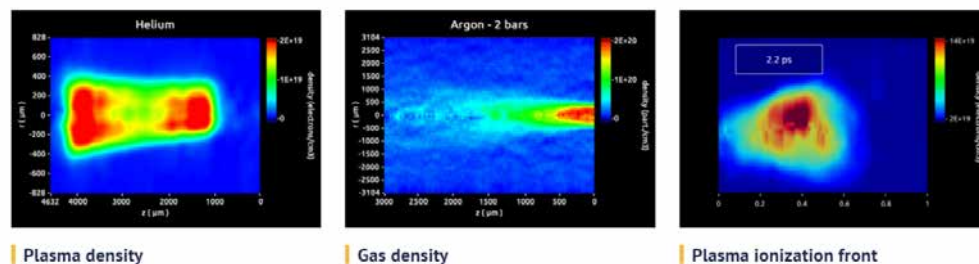
传统方式（左）与 SID4（右）自适应光学所获得的光斑效果

气体与等离子体密度检测

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



喷气密度（上）及激光等离子体（下）密度成像



等离子体密度（左）、气体密度（中）、等离子体电离前沿（右）成像

3.3 传递函数（MTF）测试系统



优势：

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

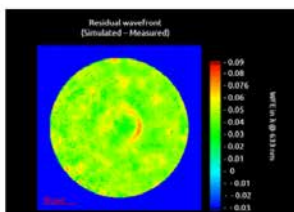
Kaleo MTF 工作站是专为成像镜头研发、生产而设计的全自动 MTF 测试系统，可用于镜头设计、原型制作、生产质检等各个步骤。Kaleo MTF 综合了干涉仪和传函仪的功能，提供完整的镜头特性评估：同轴 / 离轴 MTF、相对照度、多种波长下的波差；即使在高主光线角（CRA）和大视场角（FOA）的条件下，仍可保持高精度。

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

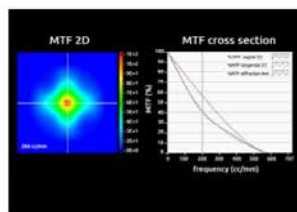
MTF 共轴测量精度 / 可重复性	<1% / <0.5%
MTF 离轴测量精度 / 可重复性	<2% / <1%
MTF 最大截止频率	1,000cc/mm
EFL 精度 / 可重复性	1% / 0.5%
畸变精度 / 可重复性	1% / 0.5%
OPD（在轴）精度 / 可重复性	20nm rms / 5nm rms
场曲精度 / 可重复性	<5 μ m / <1 μ m
光路结构	有限 - 无限远
波长范围	400 - 1100nm / 900 - 1700nm / 3 - 5 μ m / 8 - 14 μ m
入瞳直径	可达 8.8mm
口径范围	2 ~ 200mm
F#	>1.8
焦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

功能：

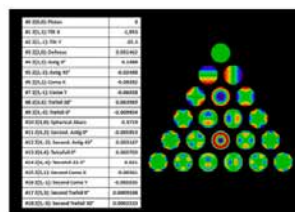
- 在轴 / 离轴 MTF
- Through focus MTF
- 透过波相差
- 泽尼克多项式系数
- 镜头参数 : EFL, F#
- 镜头出瞳 OPD
- 像散
- 畸变
- 场曲
- 相对照明



Wavefront comparison to design

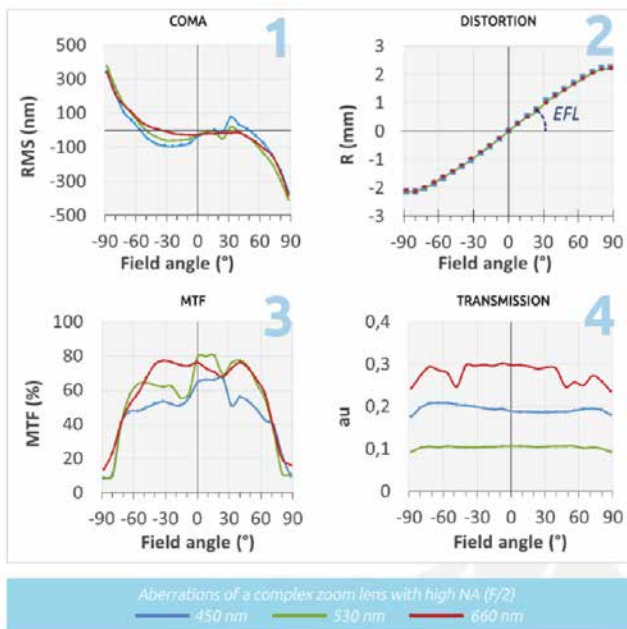


MTF at any frequency, on & off axis



Optical aberrations

波差测量（左），MTF 测量（中），像差分析（右）



不同波长的彗差、畸变、MTF、透过率曲线



3.4. 动态干涉仪

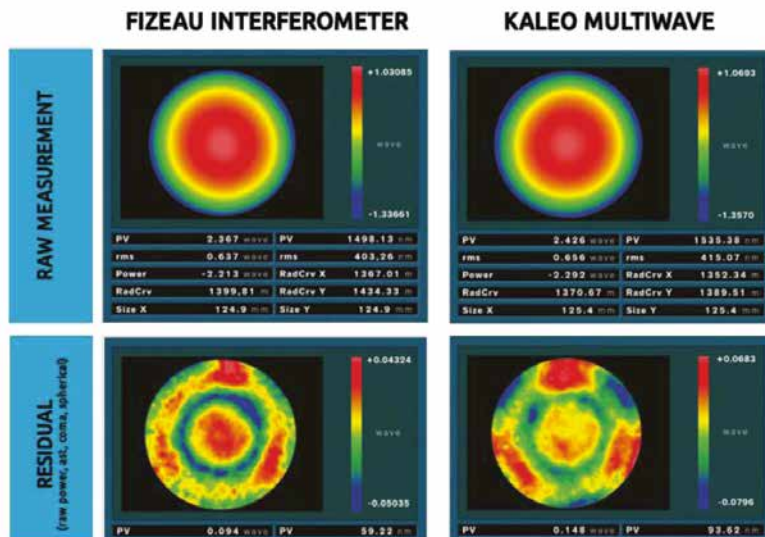


- 紫外、可见、近红外、短波红外、中远红外等多个波长可订制
- 纳米级位相分辨率
- 超高动态范围, >600 条纹数

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

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

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



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

3.5 自定义光学计量方案

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

1) R-Cube



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

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

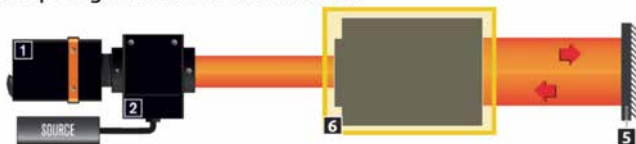
出瞳光束可配置物镜构成点光源 / 球面光束，或扩束器以实现大口径光斑。

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

测试光路

典型光学元件计量的光路可以 R-Cube 和 SID4 为核心灵活搭建：

Telescope alignment and characterization



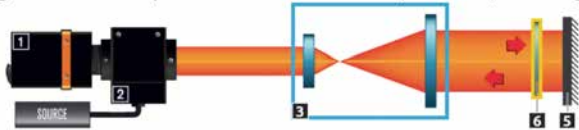
望远镜评估与校准

Concave mirror measurement



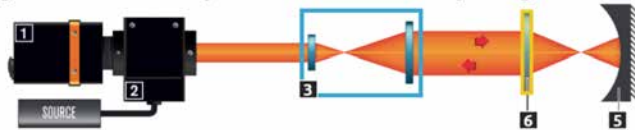
凹面镜计量

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



大口径平面透射元件计量

Large diameter lens & objective measurement in any configuration



大口径透镜 / 物镜计量

Off-axis lens measurement



离轴透镜测量

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

搭建步骤

用户只需要四步构建专属测试系统：

第一步，选择 SID4 传感器：

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

第二步，选择 R-Cube 光源：

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

第四步，光束调整部件及参考镜

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

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



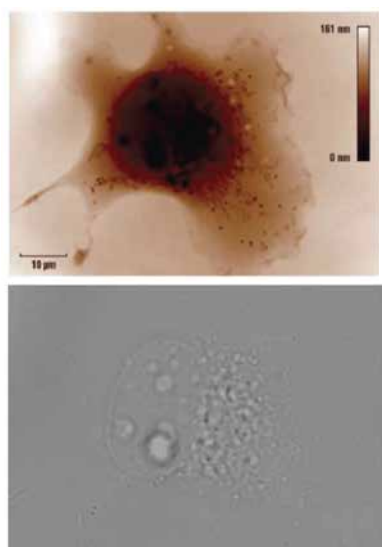
3.6 定量位相成像

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

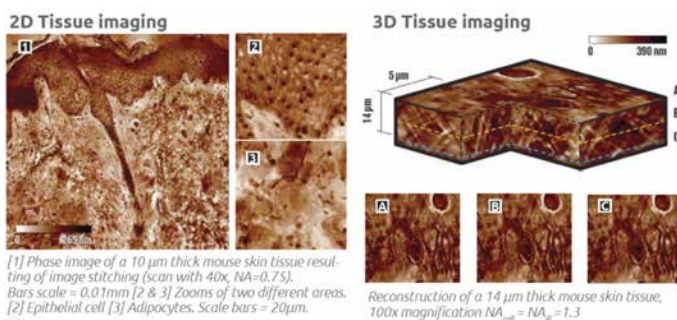
有别于传统的相衬成像（在显微成像系统中插入位相板）只能展现位相突变边界处的结构，定量位相成像可以高分辨率完整地检测样品位相的细微变化，充分利用生物细胞、组织等的相位衬度；同时，还能通过位相变化测量其他样品的表面深度、折射率变化等。定量位相成像是一种有非常大潜力的成像技术。



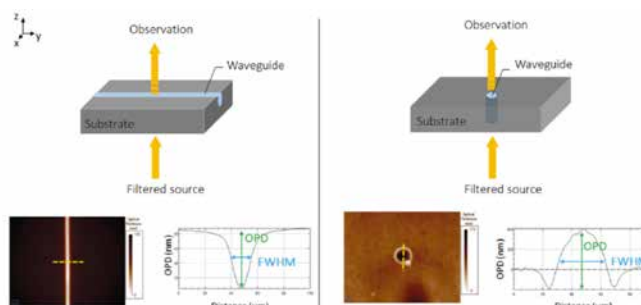
PHASICS SID4 Element 是 1:1 高分辨率的位相成像组件，可直接插入用户的成像系统与已有相机中间，将传统成像系统改造为定量位相成像系统；SID4-sC8 则是一体式位相传感器，为适合生物用户需求，采用了大面阵、高分辨率、高动态范围、高灵敏度的 sCMOS 相机。



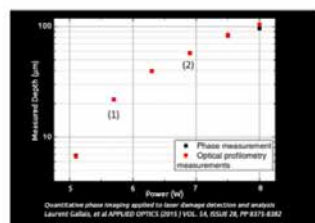
细胞定量位相成像（左）和明场显微像（右）



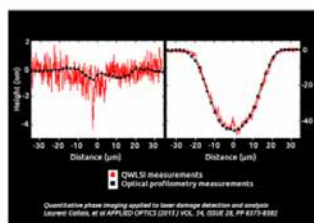
定量位相成像 CT（组织四维成像）



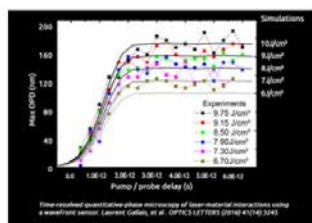
透明波导折射率分布横向与截面测量



Craters depth

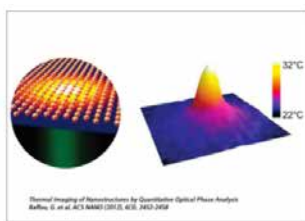


Surface topography

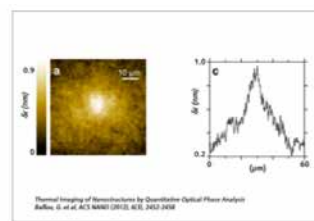


Time-resolved amplitude and phase

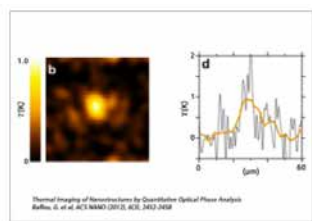
位相成像用于激光损伤研究——损伤的更早诊断



Live temperature imaging



Thermal-induced phase



Calculated temperature

微纳结构光热成像——通过反射位相变化测量温度分布

4. 激光波长计及频谱仪

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

激光波长 / 频谱的测试应用场景包括：

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

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

4.1 BRISTOL 激光波长计及频谱仪

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

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

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

1) 连续激光波长计 -671 系列



671 系列是通用性激光波长计，可测量可见 ~ 红外连续或准连续激光。

产品特点：

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

主要参数指标

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

2) 脉冲激光波长计 -871 系列



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

优势特点

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

主要参数指标

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

3) 872A 高精度激光波长计



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

优势特点

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

主要参数指标

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

3) 高精度光频谱仪 -771 系列



优势特点

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

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

主要参数指标

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

4) 中远红外光频谱仪 -772 系列



优势特点

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

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

主要参数指标

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

4.2 掌上式波长计、光谱仪

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

1) FZW6000 激光波长计



特性

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

选件

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

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

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

技术参数

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

2) MWM 高分辨率光谱仪



特性

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

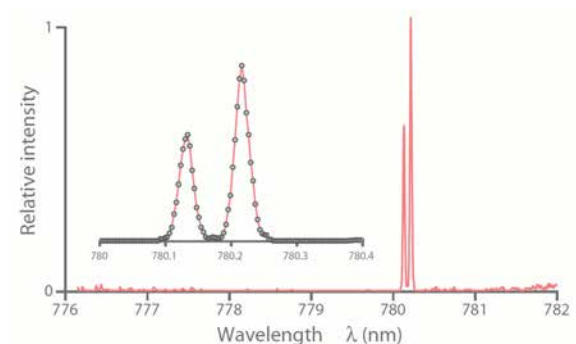
应用

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

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

技术参数

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



MWM 识别 ECDL 的两个相距约 0.1nm 的纵模

4.3 小型光栅光谱仪

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

1) 紫外 - 近红外系列



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

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

* 用户指定中心波长

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

2) 红外扫描光谱仪



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

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

4.4 掌上型光谱仪

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



1) HR 系列高分辨率光纤光谱仪

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

2) BLUE 系列通用型光纤光谱仪

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

5. 激光防护

在任何激光器运行的场合，人身安全防护都拥有最高优先级。

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

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

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



激光防护眼镜



激光防护玻璃



激光防护窗



激光防护墙



激光防护帘



激光防护眼镜

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

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

镜框选型表

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

激光防护窗

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



激光防护面罩

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



激光防护帘 / 墙

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

