

## 激光光束质量 $M^2$ 因子测量仪

激光光束质量及其聚焦能力是激光器的一个非常重要的特征参数，通常由  $M^2$  因子表征。测试一台激光器的  $M^2$  因子，实质上是测试其光斑直径与发散角的乘积与理想高斯光束衍射极限的差异。经推导，其计算公式为：

$$M^2 = \frac{\pi d_0 \theta}{4\lambda}$$

$M^2$ ，即光束质量因子，表示激光束与基模  $TEM_{00}$  接近程度的量。该参数与激光能够聚焦的最小点尺寸密切相关。对于在空间中传播的光束，未聚焦的基模  $TEM_{00}$  高斯光束的发散角  $\theta_{00}$  可以表示为：

$$\theta_{00} = 4\lambda / \pi D_{00}$$

其中  $D_{00}$  是光束束腰直径， $\lambda$  为波长。实际光束通常含有其它模式，导致更大的束腰  $D_0$ ，更大的发散角  $\theta_0$ ，在这种情况下有：

$$\theta_0 = M^2 4\lambda / \pi D_0$$

$\theta_0$  和  $D_0$  分别为高阶模的发散角和束腰宽度， $M^2$  大于 1 并且依据 ISO11146 标准命名为“光束传播比例”。当一束纯高斯光束被聚焦后，聚焦点直径为：

$$d_{00} = 4\lambda f / \pi D_{00}$$

其中  $D_{00}$  是理想聚焦点直径， $f$  为透镜焦距，聚焦点在透镜后 1 个焦距的长度的位置上。然而，如果是一个存在畸变的或者多模的光束聚焦后，聚焦点直径为：

$$d_0 = M^2 4\lambda f / \pi D_0$$

除  $M^2$  之外，光束传播特性参数还包括：

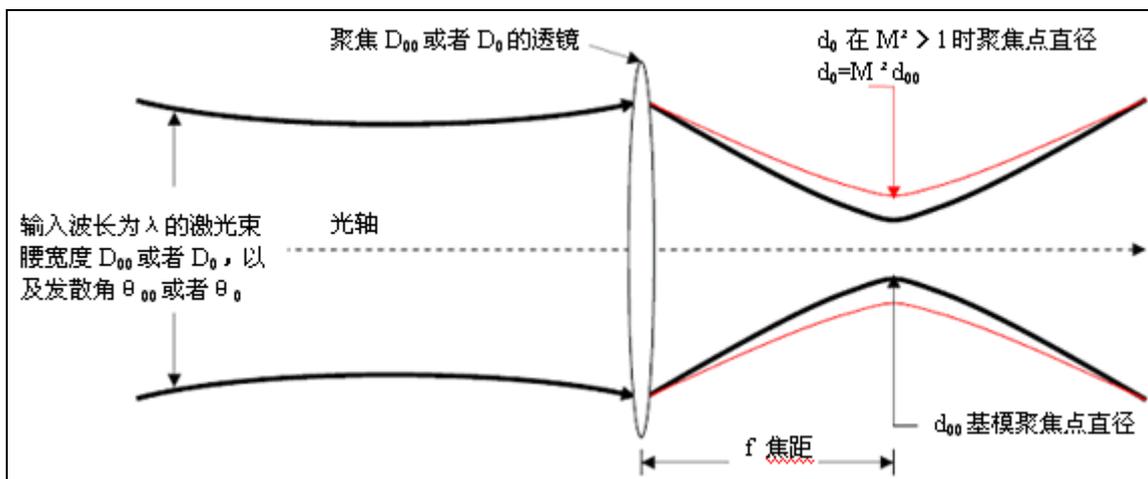
$w_0 = d_0/2$ —在  $x$  轴（水平）和  $y$  轴（垂直）方向上的束腰半径；

$z-z_0$ —测量平面和束腰平面之间的距离；

$z_R$ —瑞利长度，波前曲率半径为最小值时的长度；

$\theta$ —远离束腰的远场发散角；

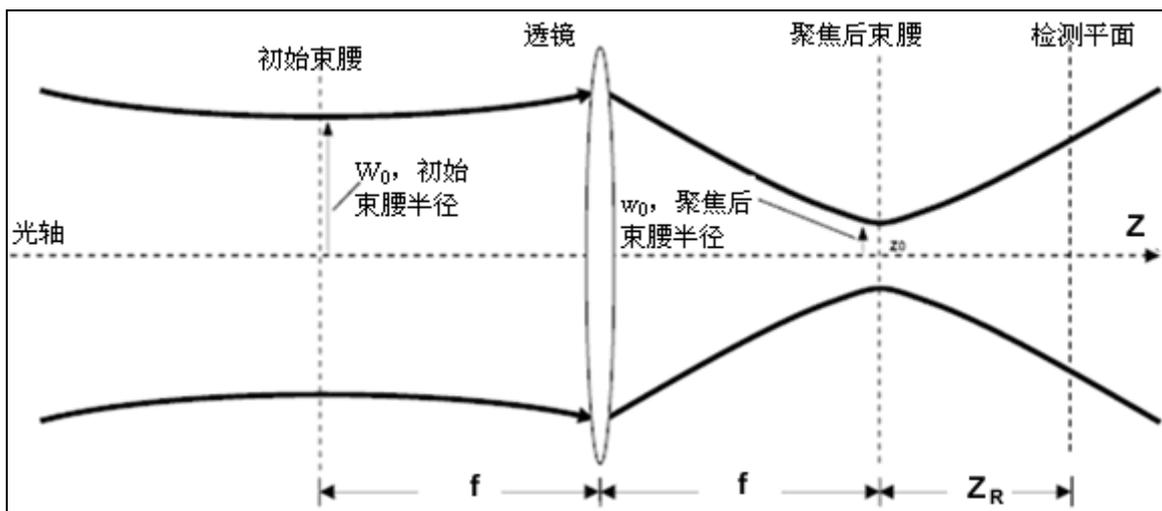
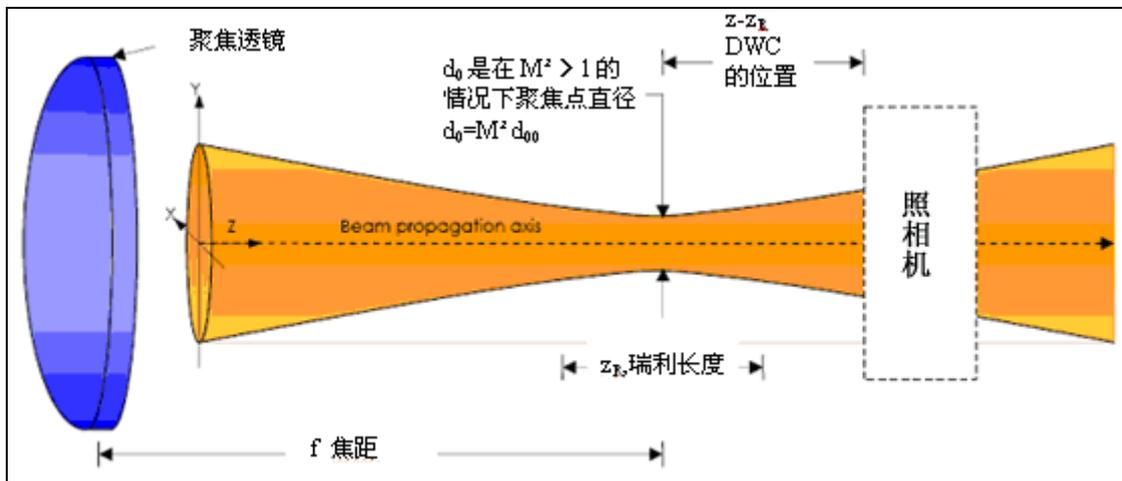
$R$ —测量平面处的波前曲率半径；



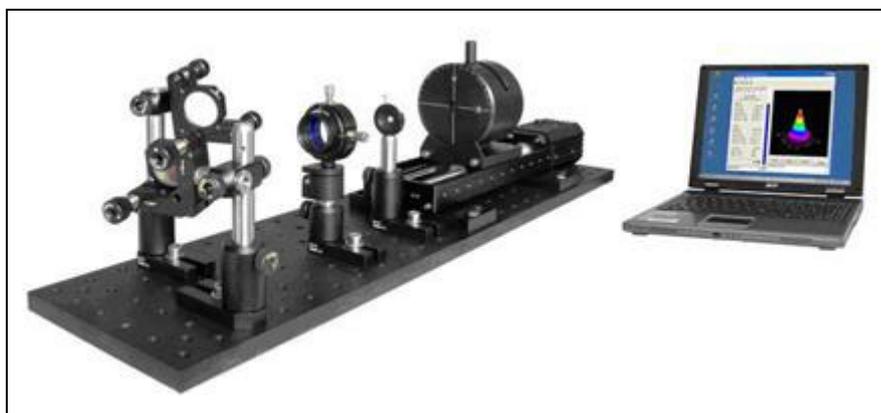
激光束及通过聚焦透镜的光束特性

为了测量光束质量因子  $M^2$ ，将一个已知焦距的透镜放在固定位置上，光束通过它聚焦进行一次高斯变换，束腰和发散角发生变化，用照相机可对该光束的传播特性进行测量。

光束传播特性参数的测量是基于高分辨率光强和波前图像的实时测量。照相机 CCD 接收两个轻微散焦的光强分布图像，利用这两个图像以及他们之间的差异来计算波前。由波前特性，可以直接的获得光束的传播特征参数，但是需要繁琐的计算过程。



我们的激光光束质量测量仪包括照相机、聚焦镜、软件以及相关的机械零部件：





## 激光轮廓分析仪

测量光斑直径、发散角及能量分布

采用激光轮廓分析仪测试激光横模内的能量分布情况。软件界面上可显示能量的一维、二维和三维能量分布情况，以及光斑直径、发散角和椭圆度等激光横模轮廓特征。

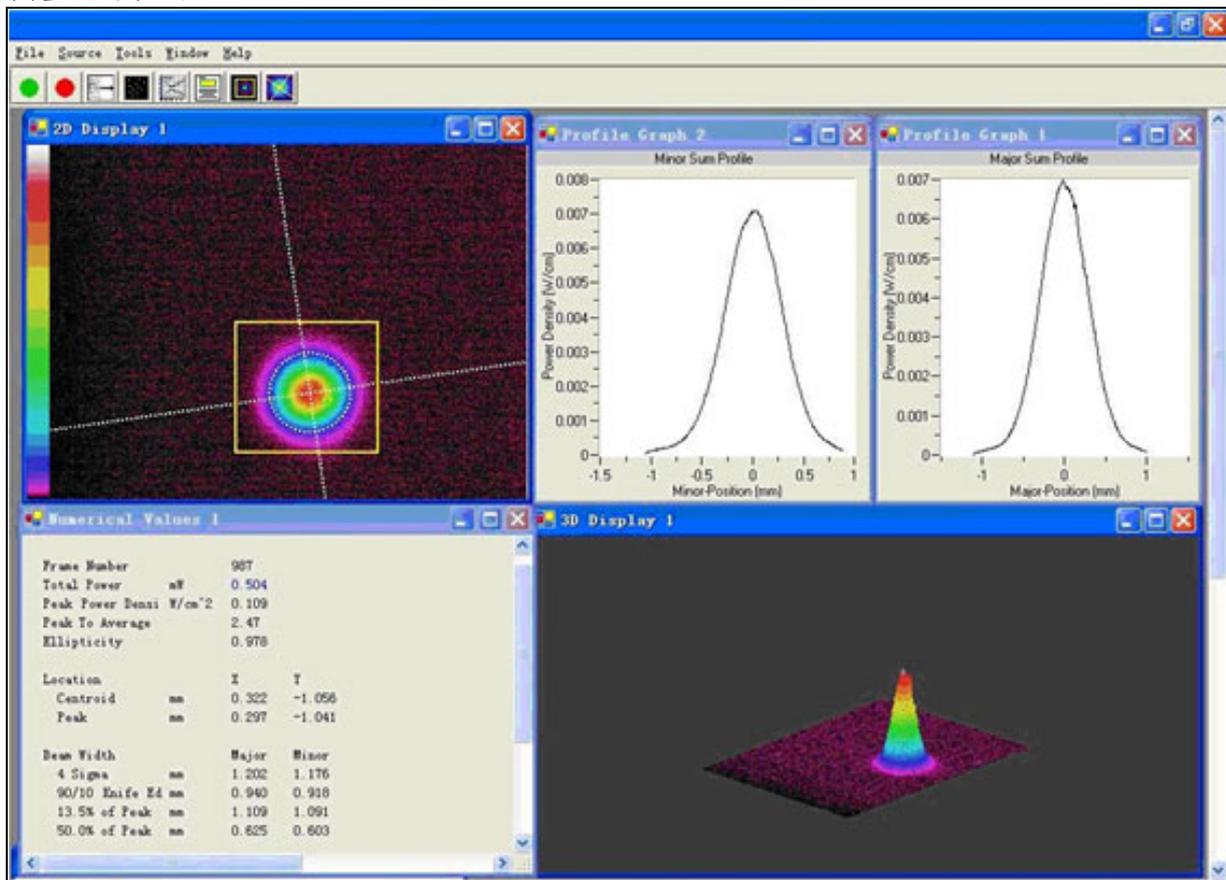
软件中光斑直径可提供四种计量方法的测试结果，其中最广泛使用的是以峰值的 13.5%(1/e<sup>2</sup>) 为边界的定义方法；而光斑椭圆度的定义则是最小方向的 4 Sigma 光斑直径与最大方向的 4 Sigma 光斑直径的比值。

激光发散角是描述激光发散度的物理量，激光器的发散角测量方法大致可归结为测量近场与远场的光斑直径，通过计算两光斑直径的差与两个位置的距离之间的正切值，可以确定其发散的角度值，再转换成空间角度值即可。



|          |             |
|----------|-------------|
| 产品型号     | STC-DD      |
| 长范围      | 350-1320nm  |
| 最大接收光斑直径 | 7.0mm*5.3mm |
| 测试精度     | ±2%         |

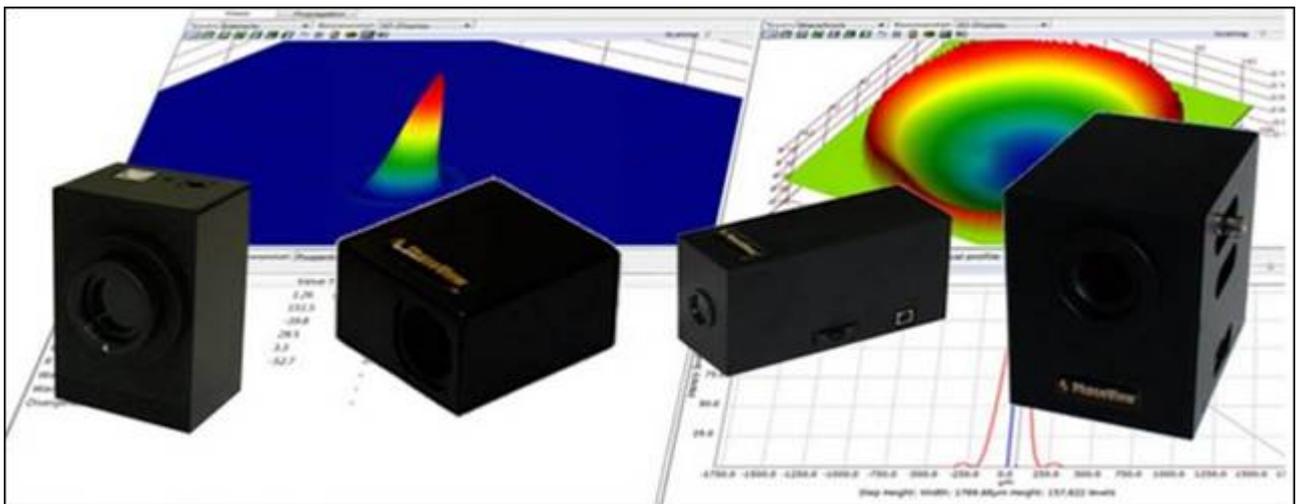
测量显示如下：



## 智能激光束轮廓仪及高分辨率波前传感器

BeamWave 传感器在一体式设备中同时提供强度和波前测量。这些传感器不是使用微透镜阵列进行波前采样，而是基于创新的数字波前技术，因此，波前测量点的数量仅受提供高空间分辨率波前的相机分辨率的限制。BeamWave 系列光束质量分析仪及高分辨率波前传感器，具有高分辨率、测量速度快、测量功能更全面，无需繁琐的导轨等优点，仅需一台 BeamWave 即可测量所有的激光光束参数，包括光束发散角，光斑位置大小，三维能量分布，波前能量、相位分布，波前曲率半径等。BeamWave 光束质量分析仪（M2 仪，激光轮廓仪）的通用性强，连续和脉冲光束都能测量，十分适合客户用于各类激光参数研究。

BeamWave 系列光束质量分析仪采用的波前传感技术，它的原理是在 CCD 探测过程中，入射激光光斑会被分成两束激光，一快一慢分别先后的到达两个 CCD 探测器阵面上，得到两个光束图像。通过对比分析这两个图像的波前能量强度分布和波前相位分布可以分析出该光束的 M2 值、发散角、光束位置和其它传播参数。



我们的传感器配有 GetLase® 用于所有激光束参数和 GetWave® 的即时诊断的 GUI 软件图形用户界面软件与全面的波前分析工具，包括，Zernike, MTF 和 PSF。已成功用于以下应用程序：

- 激光束实时监测，瞬时激光束诊断，连续和脉冲光束都能测量，脉冲测量自动触发
- 激光二极管，光纤激光器，半导体激光器
- 固态激光器，激光通信组件
- 光学特性：微透镜和眼科透镜

### 产品特征

- 同时进行强度和波前分析：数字波前技术提供高分辨率的强度和波前®
- 高分辨率波前测量：空间波前成像仅受相机分辨率限制，无需微透镜阵列采样
- 用于光束监测的一体化设备：在单个设备中包括强度分布和光束传播参数的光束剖面。只需一台 BeamWave 即可测量全部的光束参数，且价格相对优惠，结构简单无需维护成本。

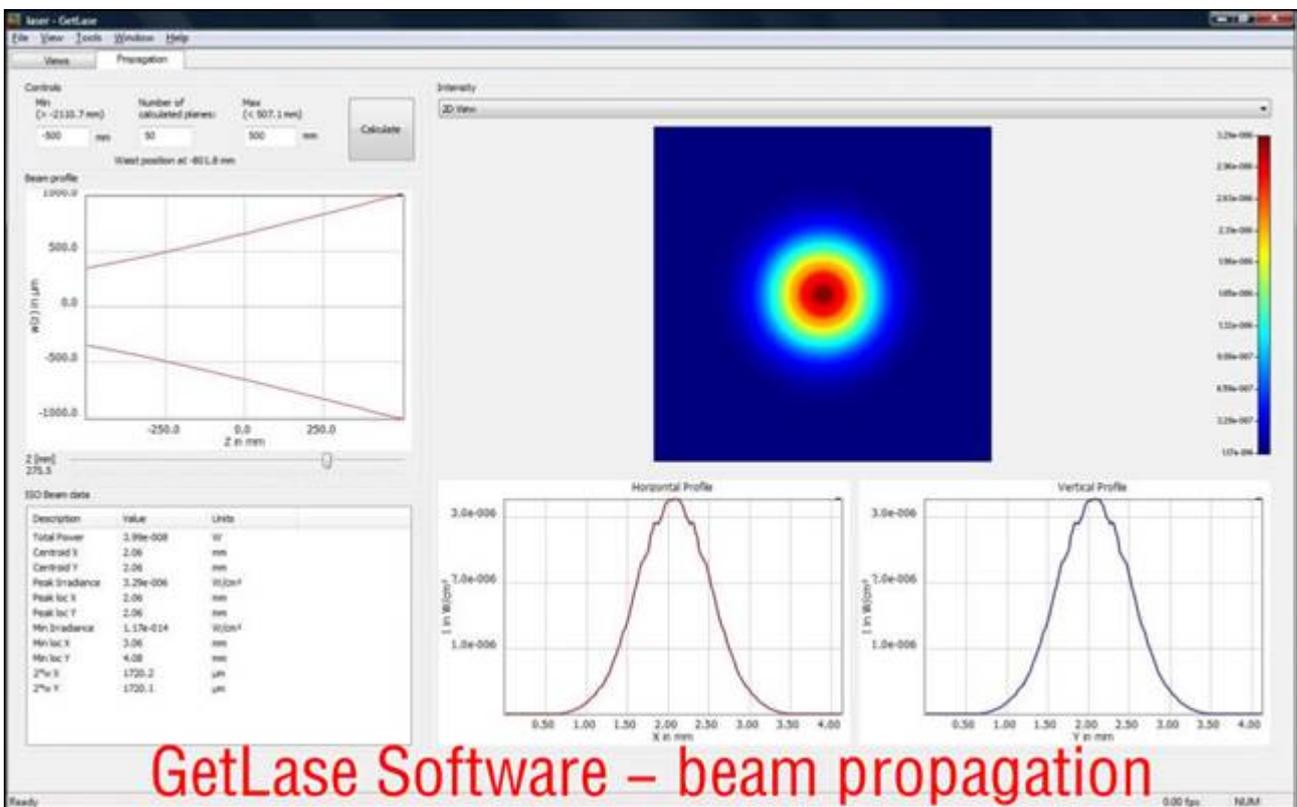
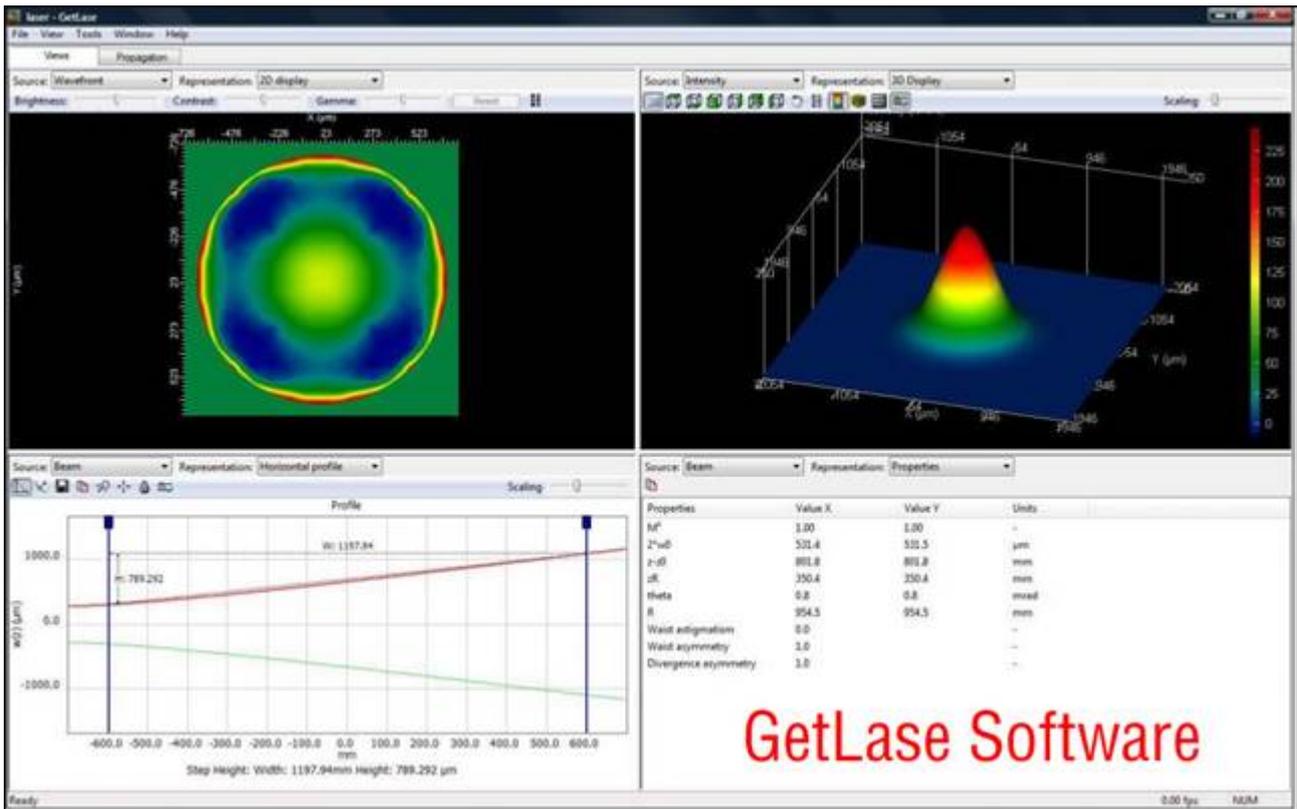
- 可以同时测量分析光束形貌参数（如光束发散角，三维能量分布，光斑位置，腰斑大小）、光束传播参数（如波前曲率半径，波前能量、相位分布，锐利长度，腰斑大小和位置）、以及 M2 因子。

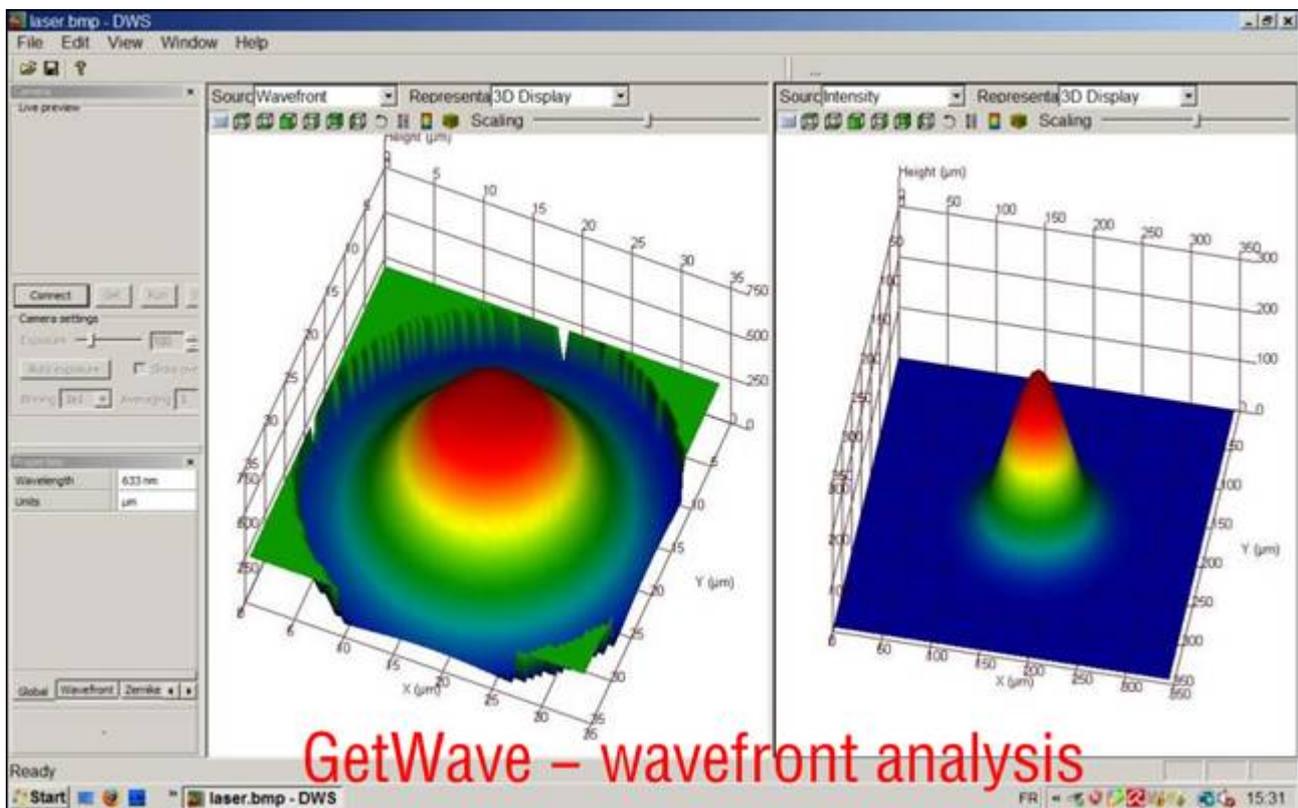
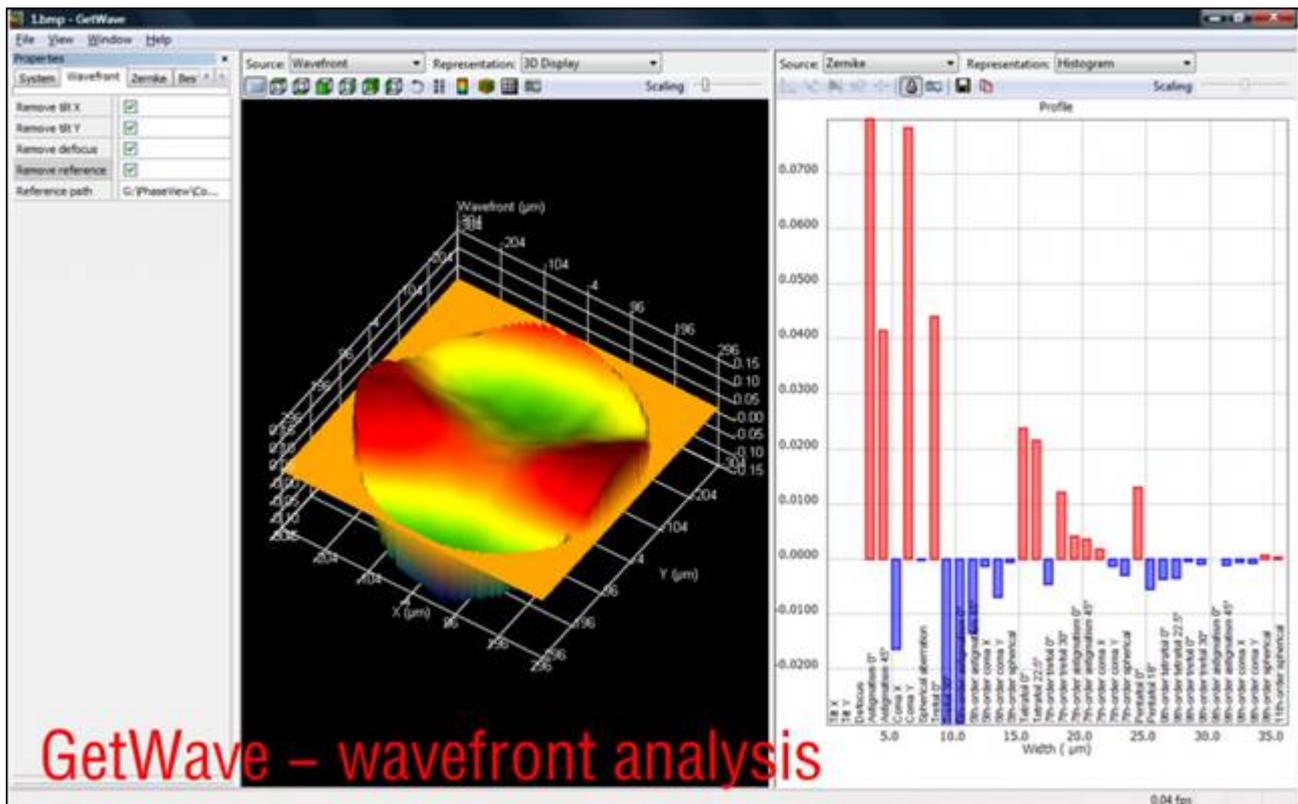
| 型号               | STP-BeamWave500                                                                                                                                        | STP-BeamWave1000 | STP-BeamWave1500     | STP-BeamWave FIR |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|------------------|
| 最大输入光束直径 $1/e^2$ | 3.2mm                                                                                                                                                  | 4.8mm (双 CCD)    | 6.4mm                | 10.88 x 8.16 mm  |
| 光束强度测量模式         | 连续或脉冲, XYZ 三轴测量                                                                                                                                        |                  |                      |                  |
| 波长范围             | 350 - 1100 nm                                                                                                                                          |                  |                      | 2-16 $\mu$ m     |
| 有效 CCD 口径        | 3.2mm                                                                                                                                                  | 4.8mm            | 6.4mm                |                  |
| CCD 像元大小         | 6.45 x 6.45 $\mu$ m                                                                                                                                    |                  |                      | 17 $\mu$ m       |
| M2 测量功能          | 连续和脉冲激光                                                                                                                                                |                  |                      |                  |
| M2 范围            | 1-50                                                                                                                                                   |                  |                      |                  |
| M2 精度            | $\pm 5\%$                                                                                                                                              | $\pm 5\%$        | $\pm 5\%$            |                  |
| M2 重复性           | 2%                                                                                                                                                     |                  |                      |                  |
| 波前测量功能           | 有                                                                                                                                                      |                  |                      |                  |
| 波前测量点数           | 500x500                                                                                                                                                | 1392x1040        | 1392 X1040           | 640 x 480        |
| 波前灵敏度, rms       | 0.005 $\lambda$                                                                                                                                        | 0.005 $\lambda$  | 3nm, >0.02 $\lambda$ |                  |
| 波前精度, rms        | 0.01 $\lambda$                                                                                                                                         | 0.01 $\lambda$   | 6nm, >0.01 $\lambda$ | 0.01 $\lambda$   |
| 波前动态范围           | 1500 $\lambda$                                                                                                                                         | 1500 $\lambda$   | 1800 $\lambda$       | 1500 $\lambda$   |
| 测量时间             | 实时                                                                                                                                                     |                  |                      |                  |
| 重量               | 0.35 Kg                                                                                                                                                | 2.5 Kg           | 1.15 Kg              | 0.272 Kg         |
| 尺寸               | 41x55x80                                                                                                                                               | 87x161x84 mm     | 114x72x172 mm        | 61x67 x66 mm     |
| 光学接口             | C-Mount                                                                                                                                                |                  |                      |                  |
| 计算机接口            | USB 2.0, Windows 7, XP, Vista                                                                                                                          |                  |                      |                  |
| 标配软件             | GetLase                                                                                                                                                | GetLase          | GetLase              | GetLase          |
|                  |                                                                                                                                                        | GetWave          | GetWave              | GetWave          |
| 供电               | USB 供电, 无需电源                                                                                                                                           |                  |                      |                  |
| 可选项:             | 3ND Filter, Beam Splitter Wedges, IR Converter, 光束缩束和扩束, Beam Reducer/Expander2X,3X,4X<br>Software Development Kit 软件, GetWave 软件波长从紫外到红外的特定探测器 (其他波长) |                  |                      |                  |

## 软件

提供 GetLase® 和 GetWave® GUI 软件, 包括用于光束轮廓和波前分析的综合测量工具:

- 强度和波前采集
- 实时显示二维和三维强度、波前、PSF
- Zernike 分析、低阶和高阶像差、散光等。
- 强度分布、XY 轮廓、质心、发散角等。
- 光束传播分析
- 数据导出和报告





## 激光光束 3D 测量分析仪

SFC 系列远场光束扫描仪 半球形 3D 光束分析仪

远场测量仪器是一种独立设备，用于测量高功率激光二极管、LED、光纤和其他高强度光源等发光元件的光强度与输出角度之间的关系。其亮点为：

- 宽波长范围
- 带有角度测量装置的设计
- 快速扫描速度
- 高采样分辨率

SFC 系列远场扫描仪旨在满足对发光元件光束质量分析和测试的日益增长的需求。该远场扫描仪具有广泛的操作和测量范围，而且并不牺牲速度性能——典型的测量周期仅需几秒，非常适合发光元件的生产测试。其应用领域为：

- 光功率分布
- 远场及数值孔径（NA）分析测量
- 光源的质量控制

软件功能：

- 轻松设置扫描参数
- 自动存档结果
- 提供高级绘图功能：1D/2D/3D 及等高线/极坐标图
- 数据导出到多种文件格式，如 CSV、PDF、PNG、PS、XML 等
- 对结果进行数值分析
- 可定制以满足客户需求
- 可集成到自动化测量系统中

