

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：

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

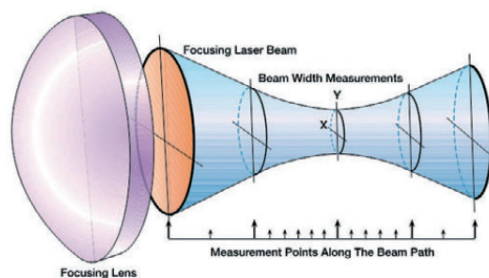
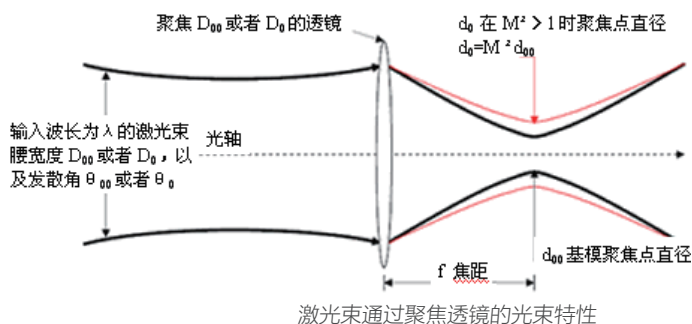
$$\text{或 } M^2 = \frac{\pi D_0 \theta_0}{4\lambda}$$

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。

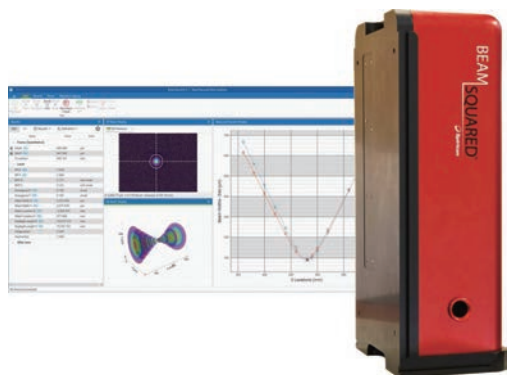
为了提高 M² 测量精确度，在束腰位置处测量 5 个光斑大小和在远场位置（至少两个瑞利长度的距离）处测量 5 个光斑大小是非常有必要的。这种多次测量模式，一方面确保最小光斑位置可以被找到，另一方面提高了测量结果的精确度。



M² 测量位置

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

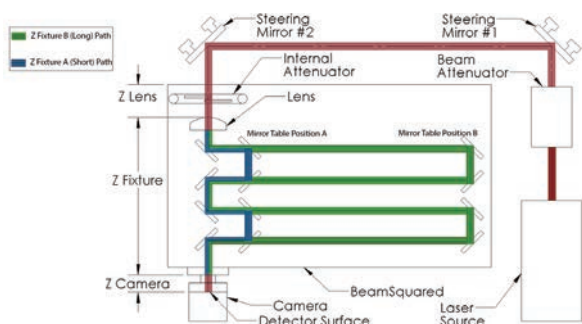


Spiricon 为全球最早推出自动化 M² 测试仪的公司，其经典型号 M²-200 已成为行业标准测试设备。历经数次迭代革新，全新推出的 M² 分析仪 BeamSquared，自动化程度更高、体积更小、测量速度更快，是激光器研发制造、工业及医疗激光评估的必备设备。

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、三维成像；
- 并可输出 PDF 测量结果报告以及多种格式的日志；
- 专利 Ultracal 单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-SP920、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 M^2 的软件系统，配合 PyroCAM 系列相机，实现交互式手动 M^2 测量，主要用于红外波段。

	BSQ-SP920	BSQ-XC130
相机型号	SP920	XC130
波长范围	266~1100nm	900~1700nm
有效面积	7.1mm × 5.3mm	9.6mm × 7.6mm
分辨率	1624 × 1224	320 × 256
像素尺寸	4.4μm × 4.4μm	30μm × 30μm
动态范围	60dB	68dB
帧率	15fps	100fps
电脑介面	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	1000 - 1700nm FL = 400mm 650 - 1000nm FL = 400mm
	430 - 700nm FL = 500mm	
	430 - 700nm FL = 400mm	
	650 - 1000nm FL = 400mm	
	1000 - 1700nm FL = 400mm	
衰减	ND1.0 ~ 4.8 连续自动调节	
损伤阈值	0.15W/cm ² 连续	100mW/cm ²
	1.0μJ/cm ² 脉冲	
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	44μm	300μm
尺寸重量（不含相机）	217.2mm × 459.5mm × 156.3mm，14.2kg	

NanoModeScan M²



主要特点及功能

- 紫外 ~ 远红外多个波段可选
- 适用于连续和准连续激光
- 全自动扫描、采集、处理软件
- 可选 100 ~ 400mm 紫外 ~ 中远红外镜头

NanoModeScan 是一套基于 NanoScan 狭缝扫描式光斑分析仪的全自动光斑分析仪。NanoScan 具备可测量小光斑、动态范围大、可配置波长范围宽的特征。

