RTS-LTRS
光镊拉曼联用光谱测试系统

产品简介

光镊拉曼光谱技术（laser tweezers Raman spectroscopy LTRS）结合光镊与显微拉曼光谱技术，可对单个微纳颗粒或单细胞进行操控与生化分析。常规显微拉曼光谱技术可以获得微米尺度分子结构信息，但是对于悬浮气 / 液体中微小粒子或细胞样品检测时，由于布朗运动或溶液悬浮等因素，很难对样品进行精准定位与测量。光镊技术可以稳定束缚与操纵微纳颗粒及生物分子，有效解决悬浮微颗粒的精准检测。

光镊技术对微粒的操控是非接触的遥控方式，不会给对象造成机械损伤，可穿过气 / 溶液表层界面检测内部颗粒物信息，同时，光镊捕获的微粒尺度为几十纳米到几十微米，是生物细胞、细胞器、生物大分子以及气溶胶等物质尺度范围。拉曼光谱亦是一种无损伤的分子光谱技术，具有谱峰信息丰富，特异性强等优势，因此，光镊拉曼适用于微纳米尺度的单分子研究领域应用。

典型应用

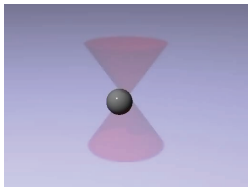
1. 单细胞成分分析，鉴定，以及细胞分选、膜层原位力学分析
2. 气溶胶单颗粒粒径大小、形貌特征混合物状态以及颗粒物表面信息表征
3. 生物软物质研究，蛋白质折叠与动态性质，NA 与蛋白相互作用、分子马达等研究。
4. 纳米材料：碳纳米管，金属颗粒等

系统介绍

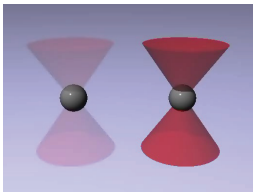
RTS-LTRS 光镊拉曼光谱系统是北京卓立汉光仪器有限公司全新推出的光镊 - 拉曼联用系统，该系统结合先进的光镊微控技术与拉曼分子识别分析技术，高度集成、性能稳定、易于操作，能够实现同时控制大量 (200 个) 目标和高精度的微纳米级颗粒物的分析测量。

1. 仪器原理和实现方式

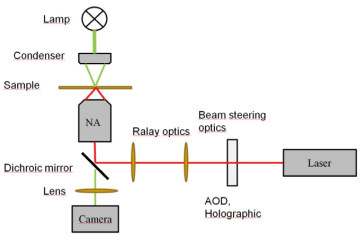
光镊技术捕获单个颗粒的基本原理如下图所示。激光通过倒置显微镜形成汇聚光线，高度聚焦的激光会在焦点中心形成一个势能梯度中心，称之为势阱或光阱。透明的球形微粒会被光阱在三维空间中捕获，从而进行操控、排列与微小力的测量。更复杂一点的情况是光折射的梯度力与光散射力以及粒子本身的重力与浮力共同平衡，并在限制粒子的布朗运动后实现 3D 捕获操控。



*光捕获后粒子的受限布朗运动



*光操纵粒子运动



光镊原理：采用 100kHz AOD（声光偏转器）高速分时扫描不同位置，从而形成多个光阱；

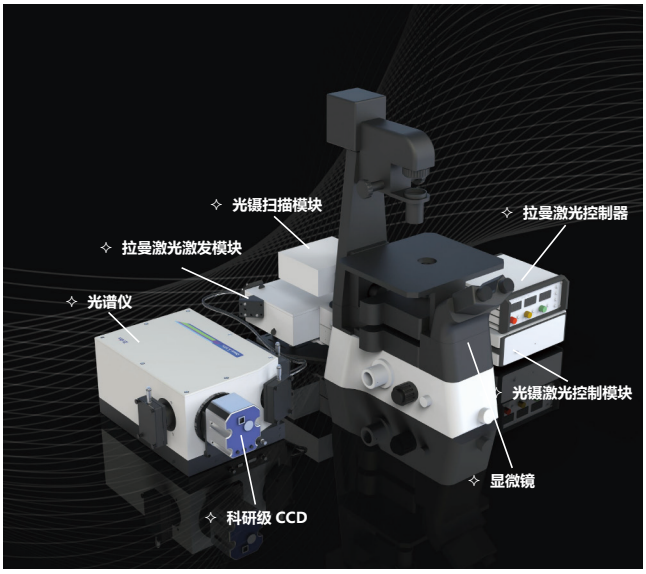
区别于传统的光镊技术，这种技术可以实现：

1. 控制目标更多：可以产生 200 个以上的光阱，同时捕获 200 个以上的目标微粒；
2. 控制激光强度：0~100%，可独立控制每个光阱
3. 控制光阱移动：轨迹、步长、速度等
4. 降低光阱的漂移：光阱间漂移仅 0.05nm/min
5. 提高测力精度：更加精确定位光阱坐标
6. 降低系统噪音：无机械振动，提高整体稳定性

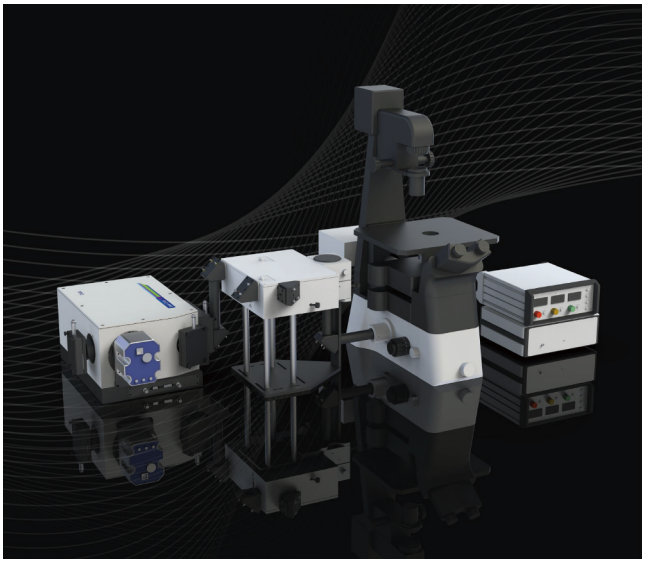
2. 系统介绍

RTS-LTRS 光镊拉曼光谱系统有两种结构（如下图所示）

结构一：在卓立汉光自主研制的标准 RTS 显微共聚焦拉曼光谱仪的基础上配置具有双层无限远光路的倒置显微镜，上层光路多光阱光镊系统，下层光路为拉曼光路出入口，可内置不同波长激光器，也可外部耦合激光器，拉曼信号通过光纤或者空间光路耦合到光谱仪，光路如下：



结构二：在卓立汉光自主研制的标准 RTS 显微共聚焦拉曼光谱仪的基础上配置具有双层无限远光路的倒置显微镜，上层光路多光阱光镊系统，拉曼激光从显微镜的侧口进入，拉曼信号原路返回接光谱仪，可内置不同波长激光器，也可外部耦合激光器，拉曼信号通过光纤或者空间光路耦合到光谱仪，光路如下：



性能优势：

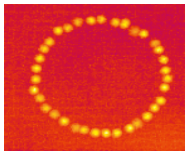
- 标配 320mm 焦长影像校正高通光量光谱仪，高像素深制冷光谱 CCD 相机，可扩展 EMCCD，ICCD，InGaAs 阵列等探测器，扩展系统功能
- 集成化设计，无外置裸露光学元器件；
- 可以实现不同尺寸的多目标悬浮和自由移动，从纳米尺度至百微米尺度
- 多目标捕获，水中 200 个以上的不同尺寸目标，空气中不同尺寸液滴阵列的捕获。
- 可 XYZ 三维方向精确控制捕获激光和拉曼激发激光焦点之间的相对位置，测试不同位置的拉曼信号
- 非接触、作用力均匀，不会造成对象机械损伤和污染。
- 可以捕获操纵常见样品及纳米颗粒、不规则颗粒及气相中的液滴进行 3D 捕获。
- 系统稳定度更高，测量结果受环境干扰更小
- 操控更加灵活，光阱移动精度更高
- 避免视场不同位置光阱刚度的差异
- 可以进行多目标力学测量

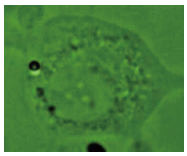
典型参数

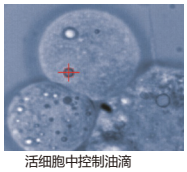
拉曼光谱	激光波长	532nm（＞ 60mW），785nm（＞ 50mW）
	拉曼频移范围	90-9000cm^{-1}@532nm，90-3200cm^{-1}@785nm
	光谱分辨率	<2cm^{-1}
	信噪比	>30:1
	空间分辨率	横向分辨率 :<500nm@532nm 激光 纵向分辨率 :<2μm@50μm 针孔，532nm 激光； ＜ 1μm@10μm 针孔，532nm 激光
光谱仪	320 mm 焦长，Czerny-Turner 式 1800g/mm@500nm Blazed 600g/mm@500nm Blazed 150g/mm@500nm Blazed	
光谱 CCD 探测器	≥ 2000*256 像素，背照式深耗尽芯片，QE>90%，可见近红外专用	
科研级倒置显微镜	照明立柱与明场照明模块； 双层光路；	
光镊	定位分辨率	＜ 0.01nm
	激光器功率	1064 nm， 5W laser, class 4
	控制目标个数	精确控制 200 个目标
	捕获范围	大小 50nm~30μm，取决于被捕获目标性质
	光阱切换速率为	100KHz
	时间漂移	4nm/min
	多目标的光阱间漂移	优于 0.05nm/min
	AOD 响应漂移	＜ 1%
	AOD 线性漂移	＜ 1%
	鬼影相对强度	从 25% 下降到 0.1%
高速 CMOS	1000 帧 / 秒（@128X128 分辨率）；力学测量的分辨率可达约 100fN，精确度约 1pN	
软件	专用的拉曼光谱检测与分析软件	

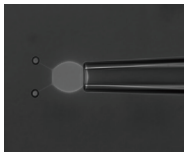
测试案例

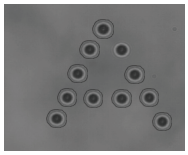
光镊数据：

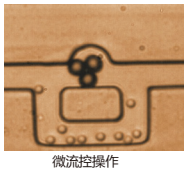

排列 70nm 金颗粒

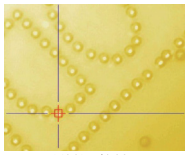

细胞器控制

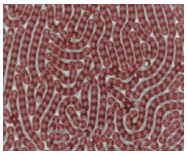

活细胞中控制油滴

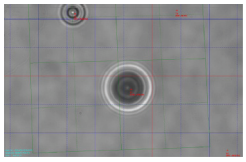

生物膜力学测量

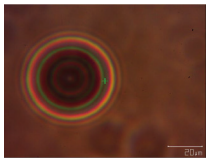

操控气相样品


微流控操作

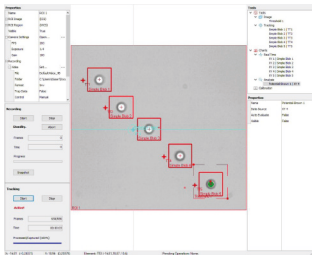

胶体粒子控制

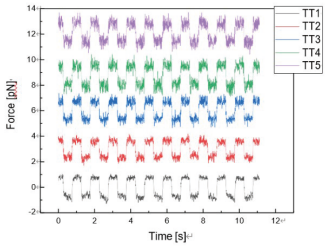

软凝聚态应用


气溶胶样品捕获

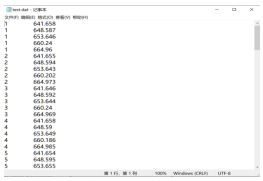

拉曼激光定位激发

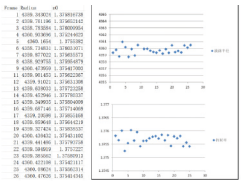
识别回音壁信号峰位



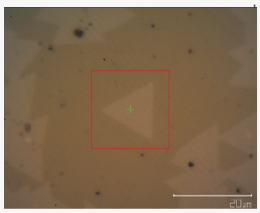
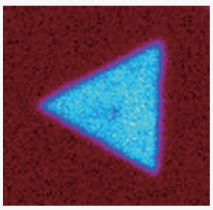


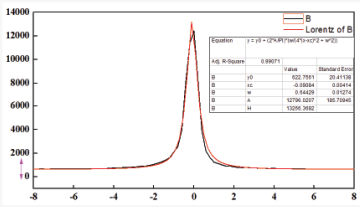
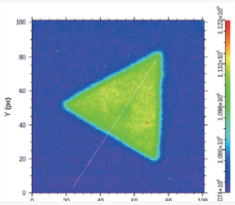
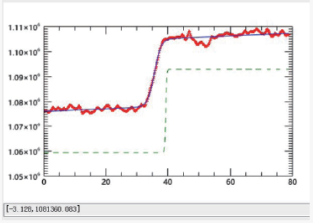
多目标实时测力，力学测量的分辨率可达约 100fN，精确度约 1pN


峰位信息导入软件


液滴半径与折射率测试结果数据

拉曼数据:

测试样品和条件	白光图像	Mapping
MoS2 样品 范围：20x20μm 步长：0.2μm 100X 物镜，采用 532nm 激光器激发，对峰位 408cm^{-1} 进行 mapping 拟合用时 6min 左右		

Z 轴共焦分辨率以及测试条件	测试数据
使用表面抛光的单晶硅做样品，在在 10μm 针孔共焦条件下，采用 100× 物镜，沿垂直于单晶硅平面方向，由单晶硅表面上方扫描至单晶硅内部，步长为 0.125μm，将扫描所得到所有硅拉曼峰进行拟合，得到硅峰信号强度的变化曲线， 硅 520 cm^{-1} 峰的强度形成的曲线的半高宽即共聚焦深度剖析分辨率为 1μm；	

XY 空间分辨率测试条件	测试数据	横向分辨率 ~600nm
使用规则的 MoS_2 样品，扫描范围: 20x20μm ， 步长：0.2μm ， 100X 物镜，采用 532nm 激光器激发， 对峰位 408cm^{-1} 进行 mapping 拟合，对得到的 mapping 图像样品边缘做横切，得到峰强随空间距离变化的曲线， 取其半高宽作为 XY 空间分辨率测试值为 600nm。