

RTS2-L 系列 远程拉曼测试系统

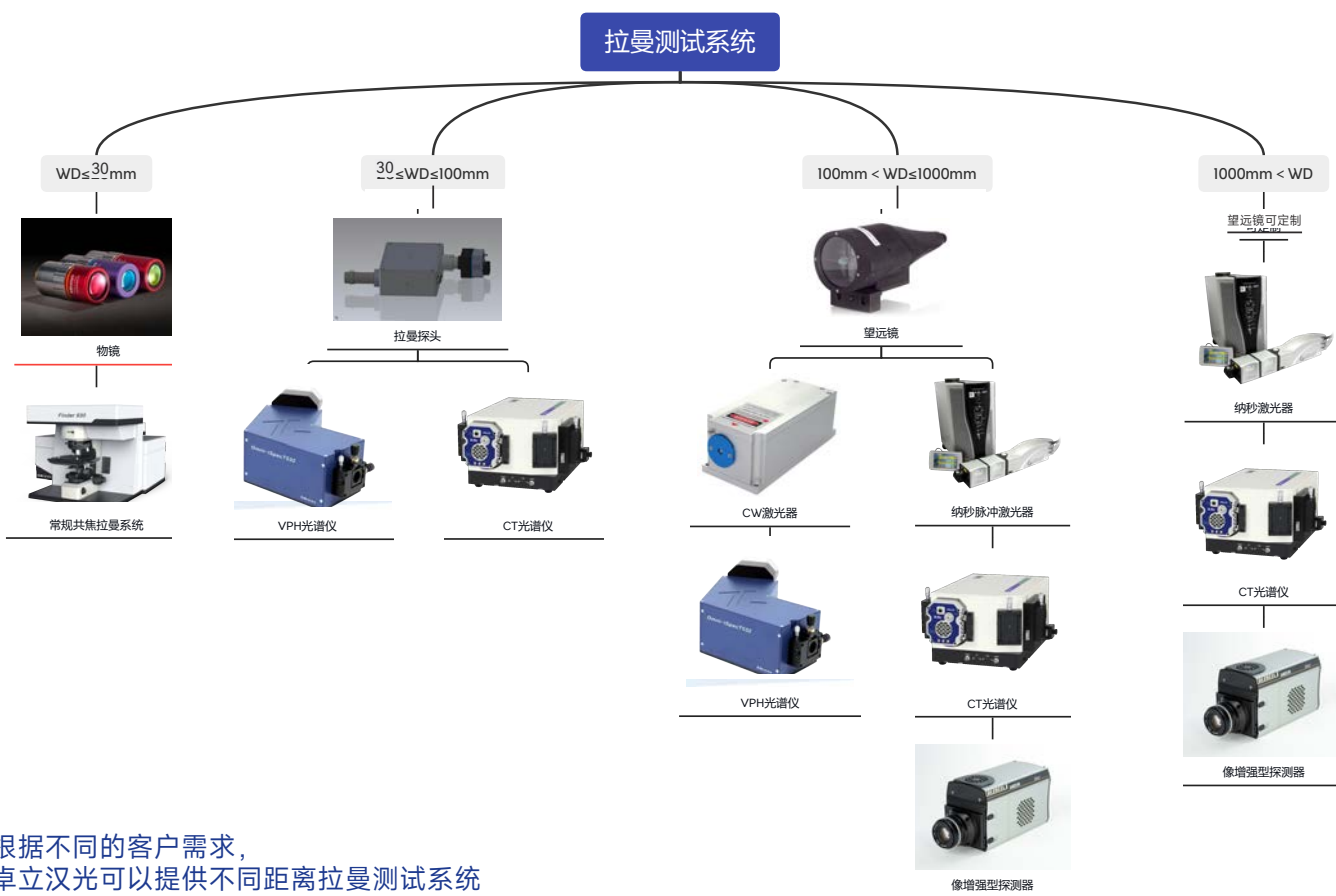
近年发展的远程拉曼光谱探测技术，是根据拉曼散射效应远距离探测物质的技术，通过技术的发展及应用的拓展，目前已在行星、矿物勘测、远程爆炸物探测、化学物质泄漏和污染物测量等方面有很高的应用价值。国际目前常用的程拉曼探测系由以下部分组成：激发光源、光路收集模块、分光模块、探测模块、数据采集与分析模块。

技术优势

- 多种收集器可选，适应 0mm-1000mm 甚至更远距离的探测
- 连续激光器 / 脉冲激光器可选
- 多种分光光谱仪可选，光栅光谱仪可实现高分辨率，VPH 光谱仪实现高通光量
- 多种探测器可选，背照式深耗尽型光谱 CCD 相机和 ICCD 可选

系统方案配置与选型

激光波长	连续激光器：405, 514, 532, 633, 670, 671, 785, 808 nm (其他可选) 脉冲激光器：532nm, 线宽 0.005 cm^{-1}, 10Hz, 290mJ
拉曼频移范围	100-4000 cm^{-1} (不同激光可能不同)
探测距离	0-30mm@ 显微拉曼系统 30-100mm@ 拉曼探头 >100mm@ 卡塞格林望远镜拉曼系统
光谱仪	CT 式 320 mm 焦长光谱仪 透射式 VPH 光谱仪
光谱	科研级 CCD 探测器：2000x256 像素，背照式深耗尽芯片，QE>90%，300-1100nm 响应，峰值效率 95%，深度制冷到 -60°C 像增强型 CCD 探测器：1024*1024 像素，2ns 门控，280 - 810nm 响应，增益大于 200
光谱分辨率	1.5cm^{-1} @ 光栅光谱仪 5cm^{-1} @VPH 光谱仪



根据不同的客户需求，
卓立汉光可以提供不同距离拉曼测试系统

拉曼探头

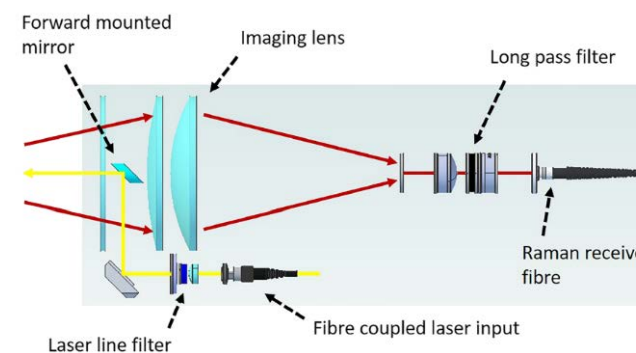


激发波长	405, 514, 532, 633, 670, 671, 785, 808 nm. 其他可选
光谱范围	100-4000 cm^{-1} (不同激光器范围不同)
焦距	20 mm to 100 mm
样品端光斑大小	~100 μm @ 100 μm 芯径激发光纤
工作距离	20 ~100 mm
数值孔径	0.22 @40 mm 焦距
探头尺寸	2.25" L x 0.96" W x 0.58" H
探头材质	超硬氧化铝或者 316 不锈钢
探头柄尺寸	1.125" 直径 x 3.8" 长度
探头柄材质	316 不锈钢
滤光片效率	O.D >6
操作温度	0-85 $^{\circ}\text{C}$
最大操作压力	15 psi
光纤配置	100/100 μm 标准配置, 其他可选
接口类型	FC 或者 SMA
其他	可定制

望远镜



激发波长	532nm, 785nm, 其他可定制
光谱范围	200-4000 cm^{-1} (不同激光器范围不同)
焦距	1000mm 标配, 其他可选
样品端光斑大小	~100 μm @ 100 μm 芯径激发光纤
激光器接口	FC/APC
光谱仪接口	SMA



光谱仪

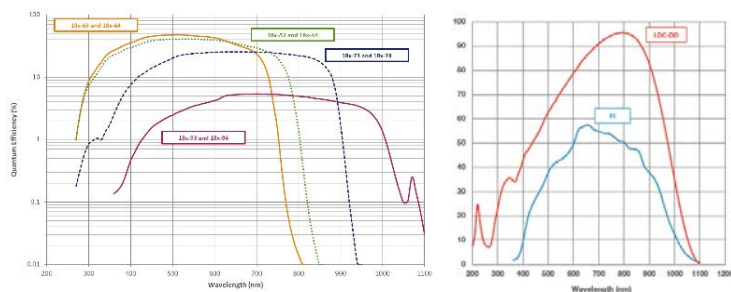
类型	C-T 式影像校正光谱仪	VPH 光谱仪
焦距	320mm 焦距	85mm 焦距
通光孔径	F/4.2	F/1.8
光谱范围	200-1100nm	532-680nm
光谱分辨率	优于 2cm^{-1} @1800 刻线光栅	5cm^{-1} @1800 刻线光栅

激光器

激光器	脉冲激光器	光纤激光器
激发波长	532nm	532nm
脉冲能量 / 功率	290mJ	100mW
重复频率	10Hz	CW
线宽	$< 0.005 \text{ cm}^{-1}$	$< 0.00001\text{nm}$

探测器

类型	ICCD	CCD
有效像素	1024*1024	2000 x 256
像元尺寸	$13\mu\text{m} \times 13\mu\text{m}$	$15 \times 15 \mu\text{m}$
有效探测面尺寸 (18mm MCP)	$13.3\text{mm} \times 13.3\text{mm}$	
最短光学门宽	$< 2\text{ns}$	无
读出噪声	$5 e^-$	$4.5 e^-$
门控	2ns	无
响应范围	280 - 810nm	200-1100nm



典型应用

中国科学院万雄老师设计了一款激光诱导击穿光谱 LIBS+ 拉曼系统在火星模拟环境下矿物样品的综合检测能力，采用卡塞格林望远镜结构，远程脉冲拉曼光谱激发，成功检测了 8 种典型矿物质（孔雀石、蓝铜矿、雄黄、文石、方解石、硬石膏和石膏等），实验结果表明，该系统可以在火星条件下有效分析矿物种类和成分。

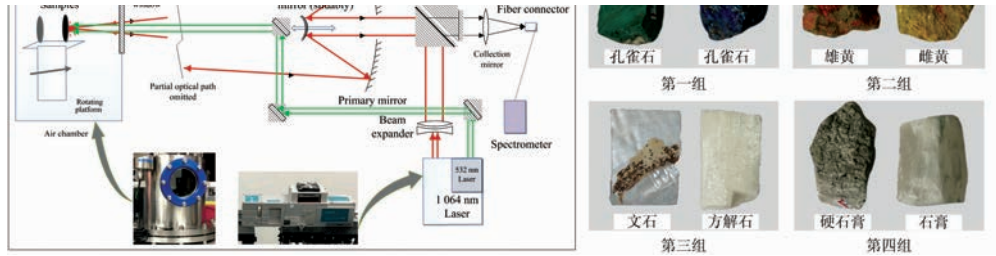
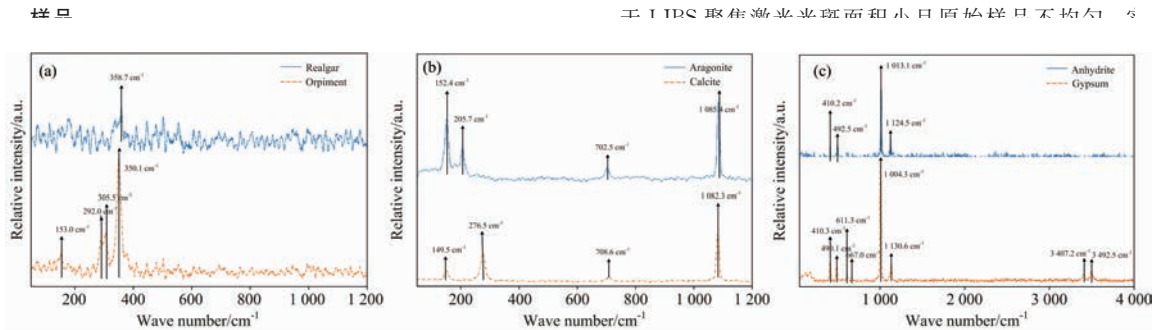


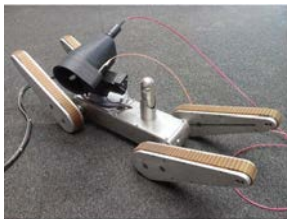
图 1 LIBS-Raman 联用光谱实验系统的光学结构及测试样品

Fig. 1 Optical structure of the instrument with LIBS-Raman (a) and experimental samples (b)

行星探测



放射性核污染物检测



远程拉曼探测模块搭载在无人遥控车，搭配成空间外差拉曼光谱仪可以有效识别 1m 处的放射性危险物品。

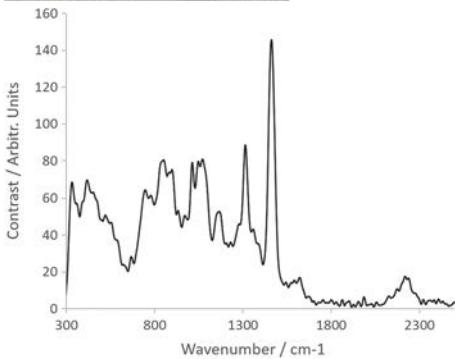


图 1m 远处硝酸铀酰拉曼光谱

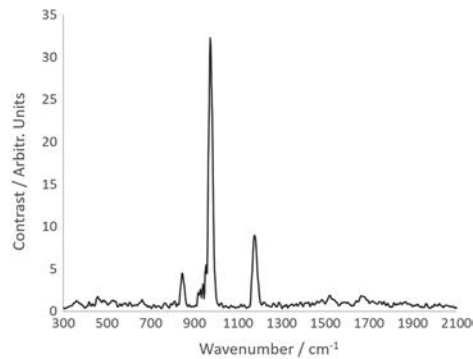


图 1m 远处煤油拉曼光谱

引用文献:

[1] 袁汝俊, 万雄, 王泓鹏. 基于远程 LIBS-Raman 光谱的火星矿物成分分析方法研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2021, 41(4): 1265.
 [2] Foster M, Wharton M, Brooks W, et al. Remote sensing of chemical agents within nuclear facilities using Raman spectroscopy[J]. Journal of Raman spectroscopy, 2020, 51(12): 2543-2551.

矿物勘探

远程拉曼光谱探测技术在矿物与有机质分析方面的独特能力，使得这一技术非常适用于行星表面探测等任务中。

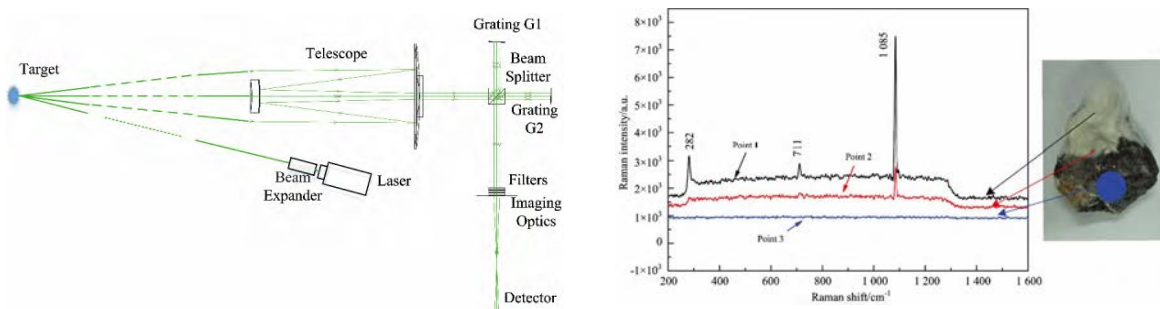


图 某含碳酸钙天然石块拉曼光谱分布

材料生长原位监测

远程拉曼光谱技术可实现原位监测材料生长过程，如成分含量、结晶度、缺陷量、薄膜生长速率等参数。M. Gnyba 等人设计远程拉曼光谱技术用于原位监测 CVD 制备金刚石膜生长过程，探测距离最高达 197mm，文中采用的工作距离为 20cm。

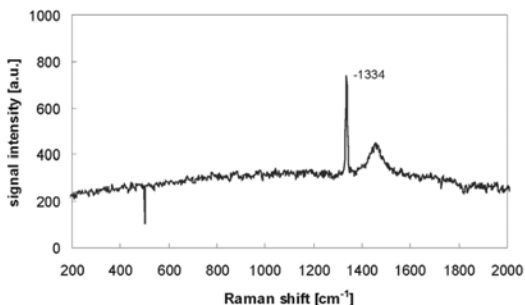
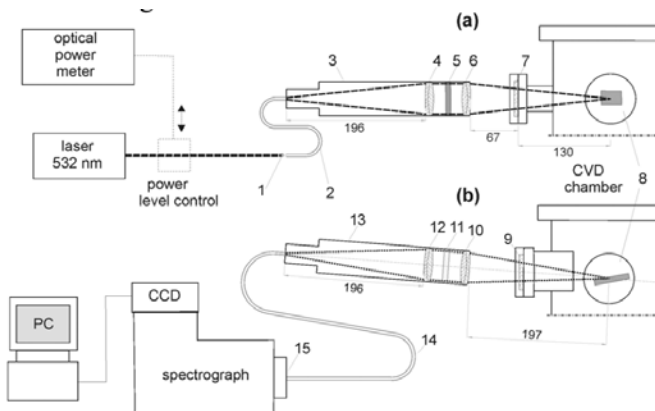


图 单晶金刚石拉曼光谱

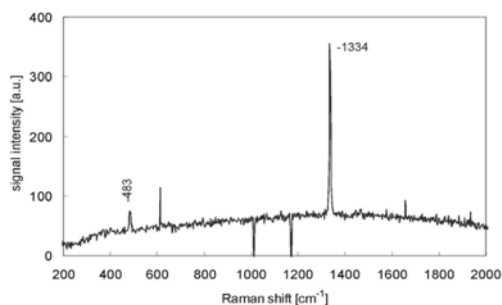


图 金刚石薄膜拉曼光谱

远程拉曼光谱可用于材料生长过程中层数、堆叠、缺陷密度和掺杂等参数。M. N. Groot 等人采用显微远程拉曼系统分析液态金属催化 CVD 制备大面积石墨烯材料的生长过程，实现了从连续多晶薄膜生长为毫米级无缺陷单晶。

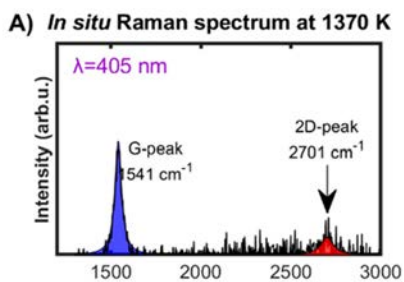


图 1370K 下 405nm 激发的拉曼光谱图

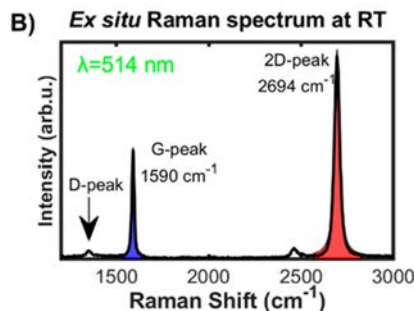


图 冷却至室温后 514nm 激发下的拉曼光谱图