

2.1 OmniFluo900 系列荧光光谱仪



高端性能

OmniFluo900 系列荧光光谱仪是以稳态荧光功能为基础，瞬态荧光功能为主导的多功能荧光测试平台。本系统采用高性能 Omni- λ 系列影像校正单色 / 光谱仪、高亮度复色光源及多波长单色光源、高灵敏度单光子探测器和大容量样品室为核心部件，配合精心优化的激发与发射光路设计，显著地提高了荧光信号探测的灵敏度，纯水拉曼信噪比可达 10000:1 以上。

开放设计

OmniFluo900 系列以开放式设计为原则，以我公司 20 年丰富的光谱系统设计、制造及品控经验为基础，搭配时间分辨率达到皮秒量级的时间相关单光子计数器，可方便地实现荧光 (Fluorescence) 光谱、激光诱导荧光 (LIF) 光谱、光致发光 (PL)、电致发光 (EL) 光谱及荧光量子产率 (QY) 等多种稳态、瞬态测试功能。

多维表征

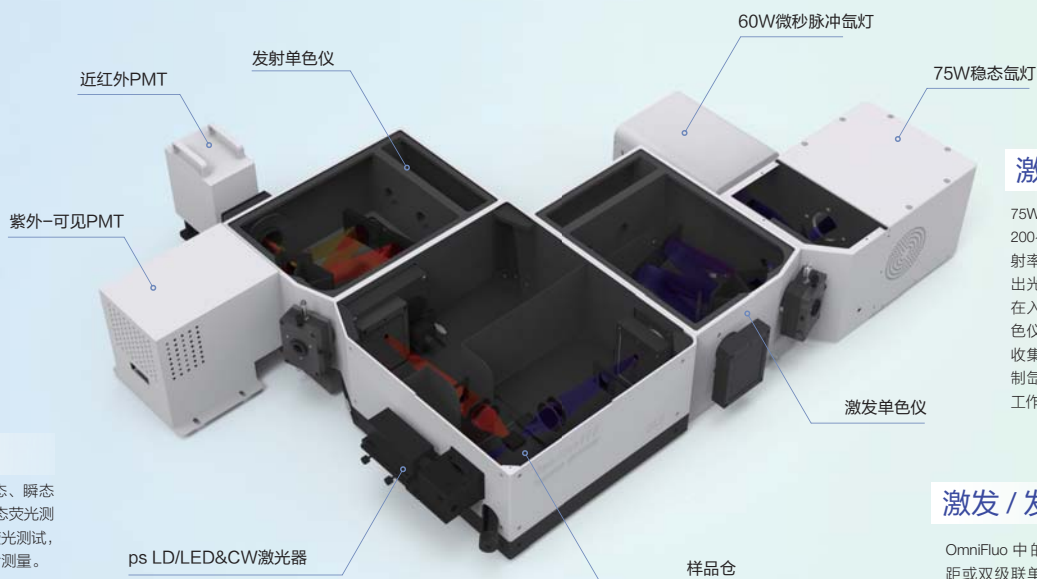
本系列荧光光谱仪，可搭配显微光路实现显微光谱测试，另可搭配牛津仪器 (Oxford Instruments) 公司的温控单元及滨松 (Hamamatsu) 公司的各类高灵敏度探测器，实现显微 (高空间分辨)、宽波段、变温测试等多个维度的光谱测量，对于研究样品组分、分析发光动力学、理论研究提供保障。

光谱仪架构

探测器

标配制冷型光电倍增管，探测范围 185-900nm，采用 TE 制冷，制冷温度 -10℃，制冷后可使 PMT (标配) 的输出暗计数小于 100CPS。

另有丰富的探测器扩展选配：紫外-近红外 PMT、近红外 PMT、TE 制冷型 InGaAs 探测器等 (详见配置表)。



激发光源

75W 氙灯，光谱范围 200~1800nm，独特设计高反射率离轴椭圆面镜将氙灯输出光聚焦到单色仪中，确保在入口狭缝处的聚焦角与单色仪收光角匹配，达到最佳收集效率；采用稳压电源控制氙灯输出功率，确保光源工作的稳定度。

单光子计数器

OmniFluo900 荧光光谱仪根据稳态、瞬态测试需求配置 DCS210PC 用于稳态荧光测试，DCS900PC 用于稳态-瞬态荧光测试，可实现从数百皮秒到秒量级的寿命测量。

DCS210PC 和 DCS900PC 的饱和计数率均达到 100MHz，远高于任何 PMT 的饱和输出；后者采用时间相关单光子计数的原理实现荧光寿命测试，其时间分辨率高达 16ps。同时，完善的信号输入端可匹配不同阻抗的信号，识别上升沿 / 下降沿，并在 $\pm 2V$ 内设置阈值，可在最大程度上匹配各种光子计数型输出的探测器。

激发 / 发射单色仪

OmniFluo 中的单级单色仪 320mm 焦距或双级联单色仪 2x180mm 焦距，均采用影像校正技术，最大程度抑制像散，杂散光抑制比 10^{-5} (双级联单色仪杂散光抑制比 10^{-9})。光谱仪分辨率优于 0.1nm，波长准确度： $\pm 0.2nm$ ，波长重复性： $\pm 0.1nm$ ，最小扫描步长：0.005nm。采用三光栅塔台结构，可以安装三块不同波段光栅满足宽光谱测试需求，同时六档滤光片轮自动切换，消除多级衍射光及杂散光，标准配置电动狭缝 0.01~3mm 连续可调。

样品仓

荧光样品室是荧光测试系统中不可或缺的组成部分，合理的结构设计可以获得更好的测试结果。此荧光样品仓配备大口径熔融石英透镜组，具有超强的信号收集能力。

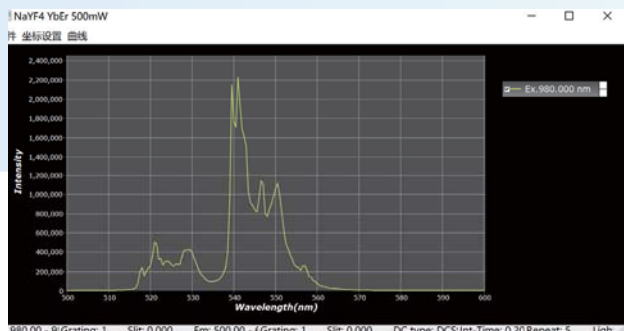
- 激光耦合：外挂激光耦合支架，使得激光沿光路中心高聚焦至样品中心，另有环形渐变中性密度衰减片，轻松控制激光器的功率 / 能量输出。
- 丰富的样品架，适配不同样品的荧光测试：标配：液体、粉末、薄膜样品架；选配：旋转样品架、磁搅拌样品架、水浴加热样品架等。
- 滤光片安装支架：支持 50mmx50mm 滤光片，匹配 25mm 转接支架，根据不同的实验需求实现快速更换各种波段的低通、高通、带通、衰减滤光片用于荧光测试。
- 荧光偏振可选：配全自动偏振器件用于各向异性研究。
- 变温荧光可选：低温恒温器，可耦合低温 77K-500K、3-300K。

稀土上转换荧光测试

样品：NaYF₄:Yb,Er 溶液

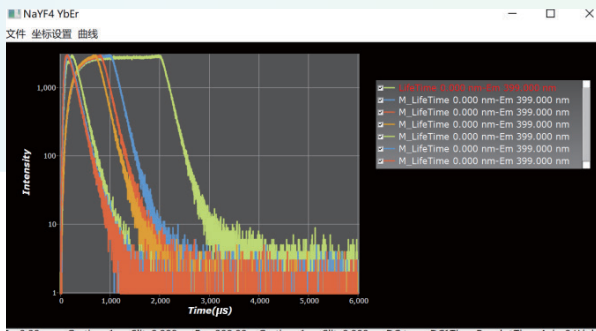
稳态光谱：

激发光源：980nm 连续激光器 发射扫描：500nm-600nm
扫描步长：1nm



寿命测试：

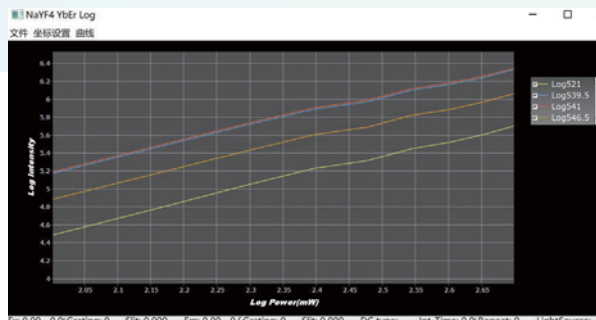
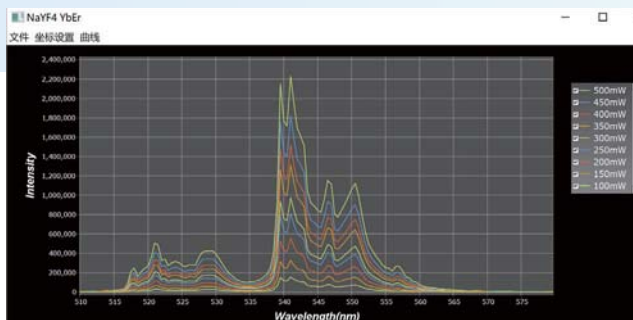
激发光源：980nm 连续激光器经调制输出 触发频率：100Hz
发射波长：544nm



不同激发功率下的上转换荧光光谱（激发波长：980nm）

右图为提取左图中 521.5nm, 539.5nm, 541nm, 546.5nm 几个特征发光峰的峰值数据，并取其常用对数值做纵坐标，不同激发功率取常用对数值做横坐标。

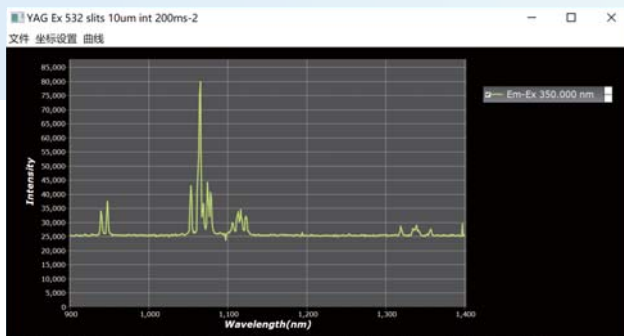
四条曲线的斜率约等于 2，表征此样品在这些波长为双光子吸收过程。



近红外光谱测试数据

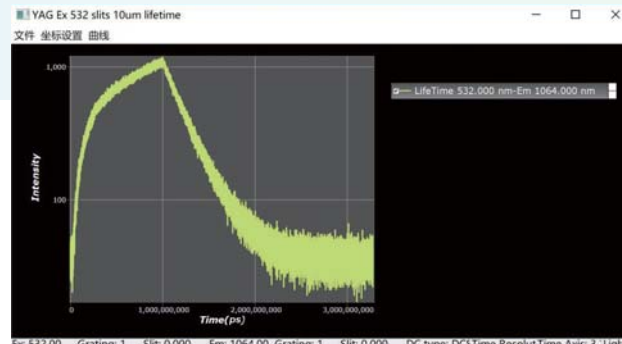
样品：YAG:Er 晶体

激发光源：532nm 连续激光器 发射扫描：900-1400nm
探测器：TE-PMT-H10330C-75 数采：单光子计数器
狭缝：10µm



寿命测试：

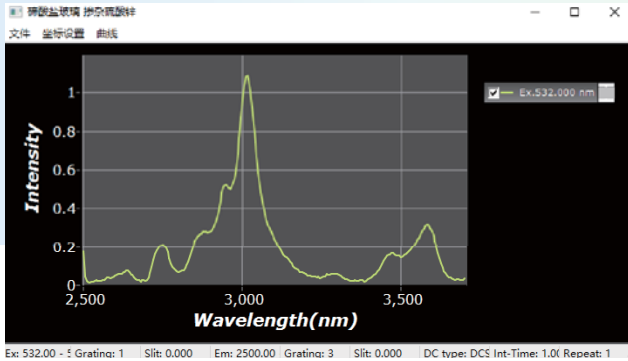
激发光源：532nm 连续激光器经调制输出 调制：100Hz
发射波长：1064nm



中红外光谱测试数据

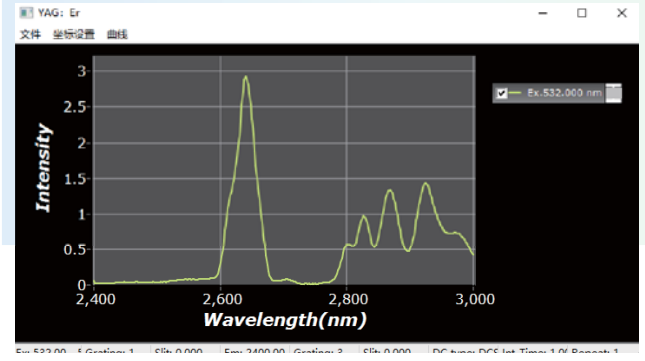
样品：硝酸盐玻璃掺杂硫酸锌

激发光源：532nm 连续激光器 发射：2500-3700nm
 探测器：液氮制冷型 InSb 探测器 数采：锁相放大器



样品：YAG:Er 晶体

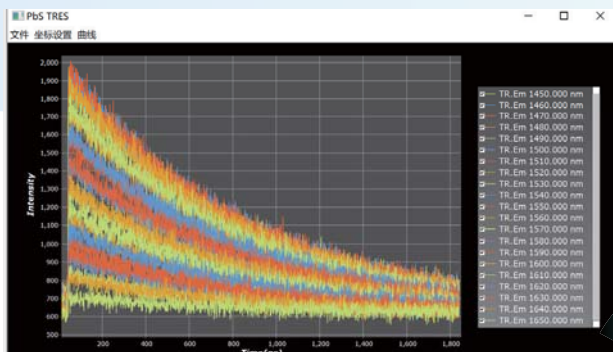
激发光源：532nm 连续激光器 发射：2400-3000nm;
 探测器：液氮制冷型 InSb 探测器 数采：锁相放大器



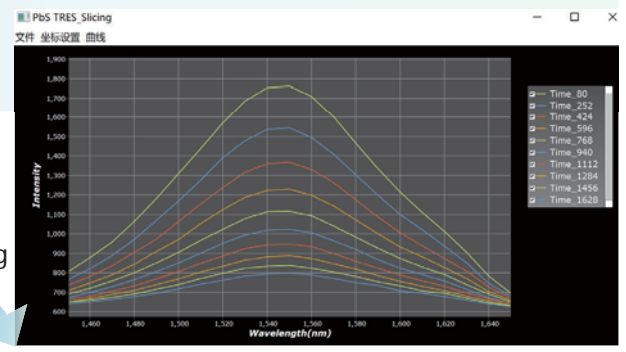
时间分辨发射光谱 (Time Resolved Emission Spectrum ,TRES)

样品：PbS 量子点溶液

激发光源：488nm 皮秒脉冲激光器 发射扫描：1450nm-1650nm (间隔：10nm)
 探测器：TE-PMT-H10330C-75 数采：时间相关单光子计数器



Slicing



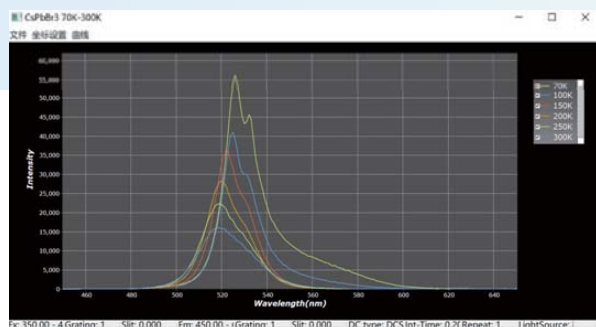
变温荧光光谱

样品：钙钛矿型太阳能电池 Cs₄PbBr₆

温度环境：液氮冷却型低温恒温器 (温度范围：77K-300K) ， 测试温度梯度：77K-100K-150K-200K-250K-300K

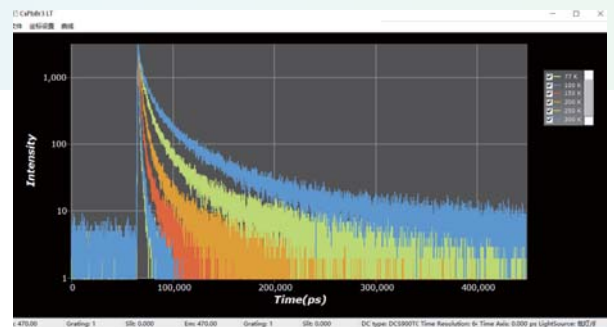
变温稳态测试：

激发波长：360nm@ 75W 氙灯 发射扫描：450-650nm
 探测器：TE 制冷型光电倍增管。数采：时间相关单光子计数器



变温寿命测试：

激发光源：375nm 皮秒脉冲激光器 重复频率：1MHz
 发射波长：520nm

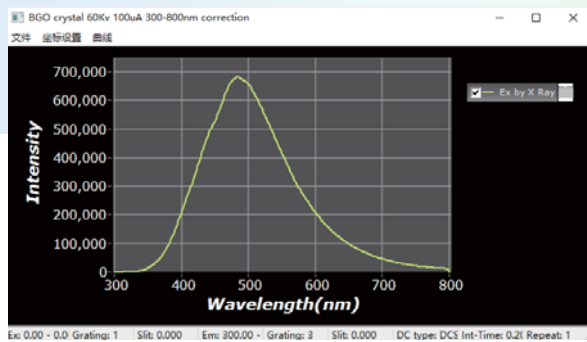


X 射线激发闪烁体的荧光光谱

锆酸铋 ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$, BGO) 晶体

X 射线源: 管电压: 60KV, 管电流: 100uA

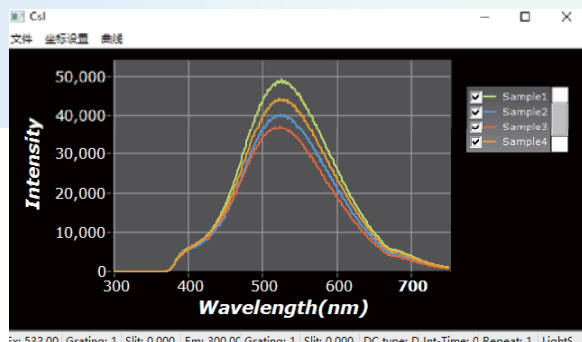
稳态光谱随着温度的降低, 样品发光强度在不断提升, 半高宽同时变小。



CsI 块状样品

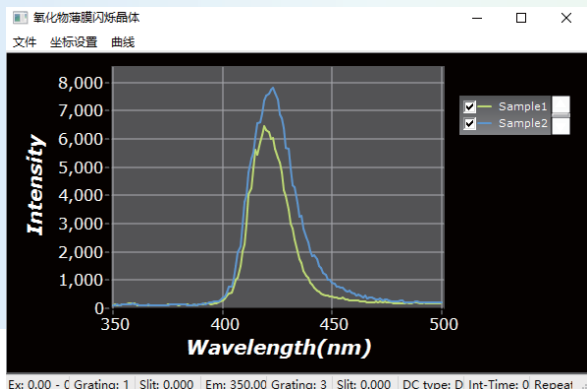
X 射线源: 管电压: 60KV, 管电流: 100uA

瞬态光谱观察到随着温度的降低, 样品的荧光寿命从 300K 的 4ns 到 77K 的 500ps, 荧光寿命逐渐变短。



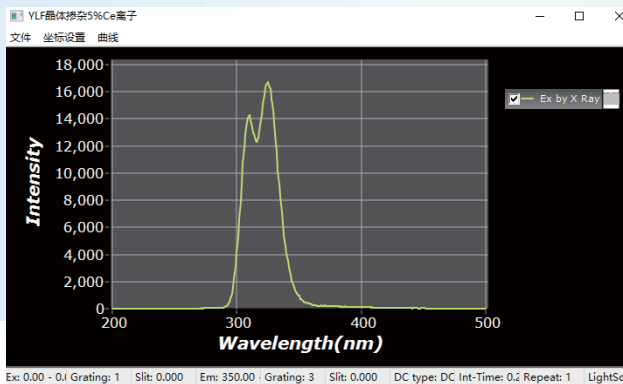
氧化物薄膜闪烁晶体

X 射线源: 管电压: 60KV, 管电流: 100uA



YLF 晶体掺杂 5%Ce 离子

X 射线源: 管电压: 60KV, 管电流: 100uA



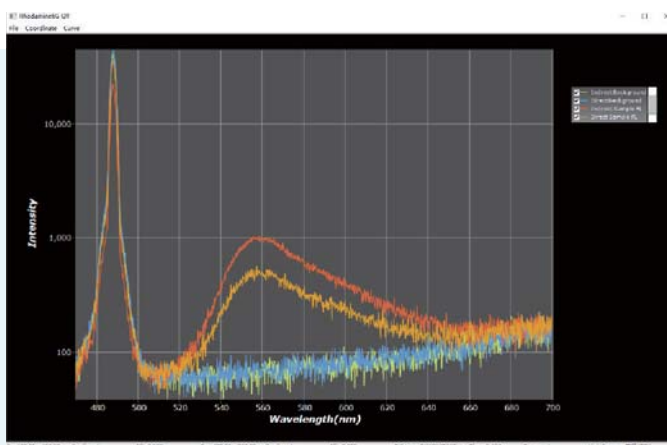
量子产率测量

样品: Rhodamine 6G 乙醇溶液

激发波长: 488nm@75W 氙灯

扫描步长: 0.2nm 积分时间: 100.00ms

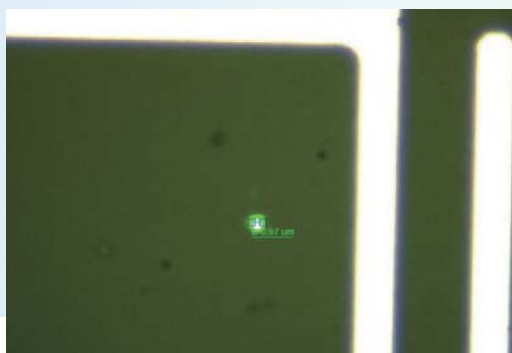
发射扫描: 470nm-700nm 测试结果: QY=95%



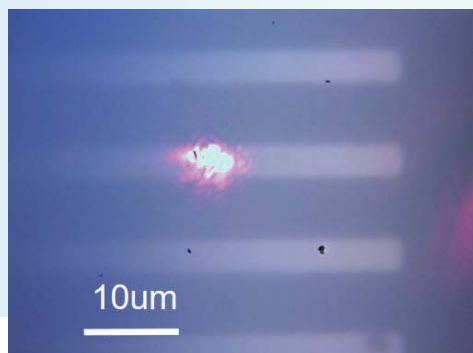
样品实测数据

显微光谱测试

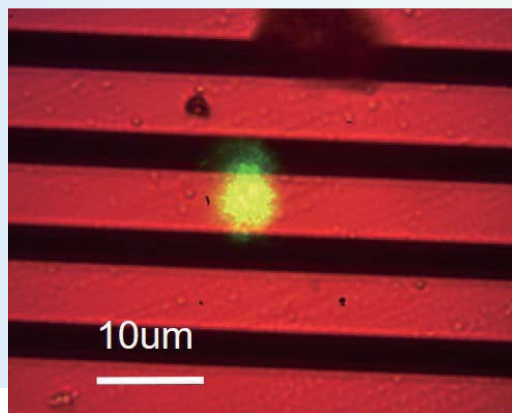
532nm 单模连续激光耦合显微光路，在 100× (NA=0.9) 物镜下光斑的像，光斑直径 < 1μm。



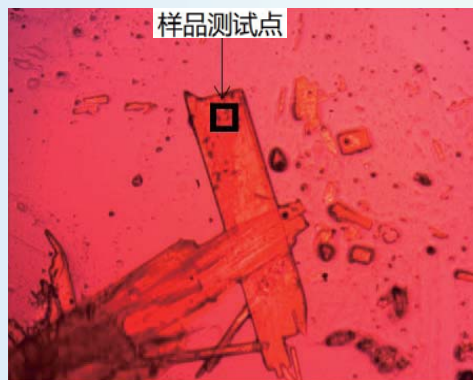
375nm 皮秒脉冲激光器导入显微光路，在 100× (NA=0.8) 物镜下光斑的像，光斑直径 < 5μm。



超连续光源通过单色仪分出 532nm 后导入显微光路，在 100× (NA=0.8) 物镜下光斑的像，光斑直径 < 10μm。



有机分子材料显微成像图片，物镜 10× (NA=0.3)，光斑 ≈ 10μm。

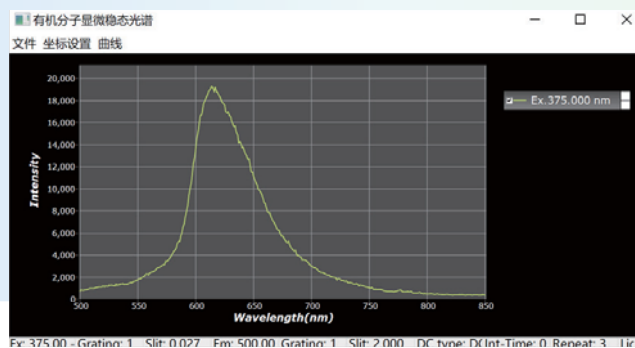


10×物镜下样品的像

显微测试点的荧光光谱

激发光源：375 皮秒脉冲激光器

发射扫描：500-850nm



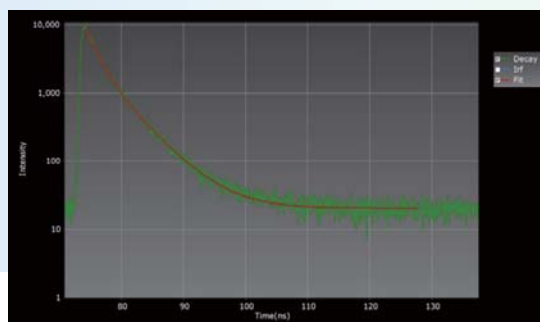
Ex: 375.00 - Grating: 1 - Slit: 0.027 - Em: 500.00 - Grating: 1 - Slit: 2.000 - DC type: DC Int-Time: 0 Repeat: 3 - 1/2

显微测试点的荧光寿命衰减曲线

激发光源：375 皮秒脉冲激光器 重复频率：1MHz

发射波长：615nm

双指数拟合寿命： $\tau_1=1.76\text{ns}$ ， $\tau_2=4.64\text{ns}$



升级选项

激发光源

OPO 激光器



波长可调谐纳秒脉冲激光器，
输出波长范围：200-2400nm，
脉冲宽度 5ns，重复频率：20Hz，
峰值能量：9mJ@450nm。
另有更高能量版本：70mJ@450nm。

微秒脉冲氙灯



微妙脉冲氙灯，
输出波长范围：190-2000nm，
主要适用范围 200-800nm，
脉宽 2.9μs，
典型重复频率：60Hz，重频可调。

X 射线光管及防护铅盒



小型 X 射线光管，电压范围 40-70 kV，
电流范围 10-300μA@40kV，
最大功率 12W；
靶材：钨靶，窗口：铍窗。
用于闪烁晶体的激发、带防护及荧光收集光路。

皮秒脉冲激光二极管 (LD) 及 LED



LD: 375/405/450/488/520nm 等，脉宽：
60ps。
LED: 255/265/275/285/295/310/340/365
nm 等；脉宽：800ps。
频率范围：0.2Hz-20MHz，
调节幅度：0.1Hz。

超连续谱光源



超连续谱光源，
输出波长范围：400-2400nm，
脉宽：100ps，
重复频率：0.01/0.1/0.2/0.5/1/5/10/20/40
/80/200MHz，
光斑发散角 <2mrad。

其他激发源



连续激光：266nm、325nm、405nm、
808nm、980nm、1064nm、1550nm 等。
脉冲激光：灯泵浦纳秒 DPSS 激光器，钛
蓝宝石飞秒激光器等。

探测器

紫外 - 近红外 PMT 选配



TE 制冷型紫外 - 近红外光电倍增管扩展选
型，制冷温度：-10℃。
响应范围分别为：R13456 型：185-
980nm，R2658 型：185-1010nm。

近红外 PMT



TE 制冷型近红外光电倍增管，响应范围：
950-1700nm，制冷温度：-60℃。
液氮制冷型近红外光电倍增管，响应范围：
300-1700nm，制冷温度：77K。

模拟探测器



TE 制冷型近红外 InGaAs 探测器，响应范围：
800-1700nm/2600nm 制冷温度：-40℃。
液氮制冷型近红外 InSb 探测器，响应范围：
1000-5500nm，制冷温度：77K。

样品架

旋转固体样品台



手动在轴旋转样品台，带刻度，0-360° 角度可变。

磁搅拌样品架



提供磁力搅拌功能，便于测量悬浮状态溶液的荧光。

水浴恒温样品架



用于液体样品恒温测量，通过控制器控制水流和水温，使样品支架内保持恒定温度。

低温恒温器

65 – 500 K 低温恒温器



液氮低温恒温器，使用减压装置可低至 65K，样品环境：真空/交换气，温度稳定性：±0.1K，制冷技术：液氮。

77.2 – 300 K 低温恒温器



液氮低温恒温器，温度范围：77.2-300K，温度稳定性：±0.1K，样品环境：交换气，制冷技术：存储液氮。

3 – 300 K 低温恒温器



无液氮低温制冷机，温度范围：3 – 300 K，温度稳定性：±0.1K，样品环境：真空，制冷技术：闭循环。

显微光谱测试平台

显微光路模块



可选连续激光、脉冲激光用于显微光谱测试耦合，空间分辨率 ≤ 1μm（视激光波长与物镜选择而定），载物台可选电动载物台，支持搭配低温平台。

电动位移台



电动平移台，行程：76mm × 52mm，步进分辨率：0.01μm。

量子产率测试附件

积分球



积分球实现绝对量子产率测量，内置于样品仓内不占用外部空间。

另可提供变温控制的积分球，可以实现不同温度下的绝对量子产率测量。

3.2 – 500 K 显微低温恒温器



氦气连续流低温制冷机，制冷技术：液氦或液氮，样品环境：真空/交换气，温度稳定性：±0.1K。

77.2 – 500 K 显微低温恒温器



用于显微光学应用的氮气冷却的低温恒温器，样品环境：真空/交换气，温度稳定性：±0.1K，制冷技术：液氮。



显微冷台耦合显微镜实拍图

OmniFluo900 系列全功能稳态 - 瞬态荧光光谱仪参数指标

系统性能及指标	
稳态测试	发射光谱: 200-870nm (选配探测器可拓宽光谱范围), 激发光谱: 200-800nm
光谱分辨率	0.08nm@435.84nm
水拉曼信噪比 ^①	> 10000:1
瞬态测试	MCS: 10μs-10s, TCSPC: 500ps-ns-μs-10s
扩展功能	多种激发源扩展, 近中红外光谱测试, 变温光谱测试, 显微光谱测试, 量子产率测试
激发光源	
稳态氙灯	功率: 75W, 输出光谱范围: 200nm-1800nm, 灯杯光学设计, 耦合效率高于 90%
脉冲光源	微秒脉冲氙灯, 皮秒脉冲激光器, 皮秒脉冲 LED, 超连续谱光源, OPO 波长可调谐纳秒激光器等
其他光源	连续激光器: 如 808nm、980nm 激光器, 小型 X 射线光管, 灯泵浦纳秒 DPSS 激光器等
光谱仪	
光路结构	Czerny-Turner (CT) 光路设计
重要指标 ^②	焦距: 320mm, 杂散光: 1×10^{-5} , 光谱分辨率: 0.08nm, 波长准确度: ± 0.2 nm, 波长重复性: ± 0.1 nm
光栅配置	激发光栅: 1200g/mm@300nm 闪耀, 600g/mm@500nm 闪耀 发射光栅: 1200g/mm@500nm 闪耀, 600g/mm@750nm 闪耀, 300g/mm@1250nm 闪耀
样品仓	
样品架	标配: 液体、粉末、薄膜样品架; 选配: 旋转样品架、磁搅拌样品架、水浴加热样品架
遮光板	配备自动遮光板, 防止更换样品时探测器曝光
探测器	
光电倍增管	标配: TE-PMT-CR131: 185-900nm 选配: TE-PMT-R13456: 185-980nm, TE-PMT-R2658: 185-1010nm, TE-PMT-H10330C-75: 950-1700nm, LN-PMT-R5509-73: 300-1700nm
模拟探测器	TE-InGaAs 探测器: 800-1700nm, TE-InGaAs 探测器: 800-2600nm, LN-InSb 探测器: 1000-5500nm
数据采集	
光子计数采集	单光子计数器: 计数率: 100Mcps, 采样速率: 1MB/S, 四通道模拟输入: 1-10V, AD 分辨率: 16bits 时间相关单光子计数器: 计数率: 100Mcps, 分辨率: 16/32/64/128/256/512/1024ps, 通道数: 65535
模拟信号采集	锁相放大器: 频率范围: 50mHz-120kHz, 动态储备: >100dB, 增益稳定性: <5ppm/°C
电脑及软件	
标配电脑	Intel i3 双核 CPU、4G 内存、显示器 1920*1080 分辨率
标配操作系统	Windows 10 Home Edition
ZolixScan 控制软件	稳态测试功能: 激发扫描, 发射扫描, 同步扫描, 三维扫描 瞬态测试功能: 动力学扫描, 寿命扫描, 时间分辨光谱扫描 数据处理功能: 量子产率计算, TRES Slicing, 光谱校正 可选功能: 偏振测试, 温度控制扫描
光学平台	
阻尼隔振光学平台	尺寸 (L×W×H): 1500mm×1000mm×800mm, 可固定数据采集器、驱动电源等

注 ①: 水拉曼信噪比测试条件: $\lambda_{ex}=350$ nm, 扫描范围: 370-450nm, 激发带宽 = 发射带宽 = 5nm, 测试步进: 1nm, 积分时间 1s。

水拉曼信噪比计算公式: $SNR = \frac{Peak\ Signal_{@397nm} - Noise\ Signal_{@450nm}}{\sqrt{Noise\ Signal_{@450nm}}}$

注 ②: 测试条件: 基于 1200g/mm 光栅, 测试汞灯线: 435.84nm, 狭缝高 4mm, 宽 10μm。