

ICS 03.220.40

CCS R 43



团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

共聚焦拉曼成像显微镜通用要求

General requirements for confocal Raman imaging microscopes

(征求意见稿)

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 组成与分类	2
4.1 基本组成	2
4.2 分类	2
5 技术要求	2
5.1 工作环境条件	2
5.2 外观与结构	2
5.3 光学系统性能	3
5.4 光谱性能	4
5.5 成像性能	4
5.6 电气安全	4
5.7 软件功能	4
5.8 可靠性	5
5.9 环境适应性	5
6 试验方法	5
6.1 试验条件	5
6.2 外观与结构检查	5
6.3 光学系统性能试验	5
6.4 光谱性能试验	6
6.5 成像性能试验	6
6.6 电气安全试验	6
6.7 软件功能试验	6
6.8 可靠性试验	6
6.9 环境适应性试验	6
7 检验规则	6
7.1 检验分类	6
7.2 出厂检验	7
7.3 型式检验	7
7.4 判定规则	7
8 标志、包装、运输和贮存	7
8.1 标志	7
8.2 包装	7

8.3 运输.....	7
8.4 贮存.....	7

前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

共聚焦拉曼成像显微镜通用要求

1 范围

本文件规定了共聚焦拉曼成像显微镜的组成与分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于以连续激光器为激发光源，采用共聚焦光路结构，可同时获取样品微区拉曼光谱与空间分布图像的色散型台式共聚焦拉曼成像显微镜。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 2609 显微镜 物镜
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求
- GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
- GB/T 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求
- GB/T 11606 分析仪器环境试验方法
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 15175 固体激光器主要参数测量方法
- GB/T 18268.1 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第1部分：通用要求
- GB/T 27668 显微镜 光学显微术语
- GB/T 33252 纳米技术 激光共聚焦显微拉曼光谱仪性能测试
- GB/T 40219 拉曼光谱仪通用规范
- GB/T 44268.1 显微镜 照明特性的定义和测量 第1部分：明场显微镜的图像亮度和均匀性
- JJF 1544 拉曼光谱仪校准规范

3 术语和定义

GB/T 27668、GB/T 33252、GB/T 40219界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

共聚焦拉曼成像显微镜 confocal Raman imaging microscope

以激光为激发光源，通过共聚焦针孔实现光学层切，能够同时获取样品微区拉曼光谱信号与空间分布信息，并可重构二维/三维化学成分图像的分析仪器。

3.2

横向空间分辨率 lateral spatial resolution

在垂直于仪器光轴的平面内，可分辨的两个相邻物点的最小距离，单位为微米（ μm ）或纳米（ nm ）。

3.3

纵向空间分辨率 axial spatial resolution

沿仪器光轴方向，可分辨的两个相邻层面的最小距离，单位为微米（ μm ）或纳米（ nm ）。

3.4

波数准确度 wavenumber accuracy

仪器实测标准物质拉曼特征峰位与标称值之间的偏差，单位为波数（ cm^{-1} ）。

4 组成与分类

4.1 基本组成

拉曼显微镜主要由以下部分构成：

- a) 光学系统：激光器、激发光路、显微物镜、共聚焦针孔、分光系统、探测器；
- b) 机械系统：机架、物镜转换器、精密载物台、调焦与扫描机构；
- c) 电气与控制系统：电源、驱动模块、激光控制、温控、运动控制、安全联锁；
- d) 软件系统：光谱采集、成像控制、数据处理、三维重构、分析与输出；
- e) 辅助系统：减震、避光、散热、激光防护装置。

4.2 分类

4.2.1 激发波长

按激发波长分类如下：

- a) 可见光波段：532nm、638nm、671nm；
- b) 近红外波段：785nm、830nm、980nm、1064nm。

4.2.2 成像功能

按成像功能分类如下：

- a) 二维拉曼成像显微镜；
- b) 三维共聚焦拉曼成像显微镜。

4.2.3 分光方式

按分光方式分类如下：

- a) 单级光栅分光；
- b) 多级光栅分光；
- c) 成像式光谱仪。

5 技术要求

5.1 工作环境条件

应在下列环境条件下能正常工作：

- a) 环境温度：15℃~30℃，24h内温度波动不大于 $\pm 2^\circ\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $\leq 70\%$ ，无冷凝；
- c) 电源：AC 220V $\pm 10\%$ ，50Hz $\pm 1\text{Hz}$ ，接地电阻不大于 $4\ \Omega$ ；
- d) 振动条件：频率1Hz~50Hz，振动加速度不大于 0.005g ；
- e) 电磁环境：无强电磁场干扰，无强光直射；
- f) 洁净度：优于10万级，无粉尘、腐蚀性气体。

5.2 外观与结构

应满足下列要求：

- a) 外观整洁，涂层均匀，无明显划痕、锈蚀、变形、气泡、脱落；
- b) 按键、旋钮、接口标识清晰，操作灵活可靠；

- c) 物镜转换器定位准确，重复性误差不大于 $\pm 0.01\text{mm}$ ；
- d) 载物台行程不低于 $75\text{mm}\times 55\text{mm}$ ，最小位移步距不大于 $0.01\ \mu\text{m}$ ；
- e) 调焦机构行程不小于 10mm ，微调精度不大于 0.001mm ；
- f) 共聚焦针孔同轴度误差应不大于 $\pm 0.02\text{mm}$ ，孔径连续可调；
- g) 应具备激光安全联锁，开盖立即切断激光。

5.3 光学系统性能

5.3.1 激光器性能

激光器性能应符合表 1 的要求。

表 1 激光器性能要求

项目	技术要求
波长偏差	$\leq \pm 0.5\text{nm}$
功率稳定性	4h 内 $\leq \pm 1.0\%$
功率调节范围	$0.1\text{mW}\sim$ 额定功率连续可调
光束指向稳定性	$\leq \pm 0.02\text{mrad}/4\text{h}$
激光模式	基模 TEM_{00}
光束发散角	$\leq 0.5\text{mrad}$

5.3.2 显微物镜

显微物镜应符合表 2 的要求。

表 2 显微物镜技术要求

项目	技术要求
放大率	$5\times$ 、 $10\times$ 、 $20\times$ 、 $50\times$ 、 $100\times$
数值孔径 NA	$100\times$ 物镜 ≥ 0.80
齐焦距离	$45\text{mm}\pm 0.05\text{mm}$
工作距离	$100\times$ 物镜 $\geq 0.2\ \text{mm}$
光谱透过率	$\geq 85\%$ （激发与拉曼波段）
色差校正	至少达到复消色差级别

5.3.3 共聚焦性能

共聚焦性能应符合表 3 的要求。

表 3 共聚焦性能要求

项目	技术要求
横向空间分辨率（ 532nm ， $100\times$ ）	$\leq 0.3\ \mu\text{m}$
纵向空间分辨率（ 532nm ， $100\times$ ）	$\leq 1.0\ \mu\text{m}$
针孔孔径调节范围	$20\ \mu\text{m}\sim 1000\ \mu\text{m}$ 连续可调
图像均匀性	$\geq 90\%$
共焦抑制比	$\geq 100:1$
同轴度	$\leq \pm 0.02\text{mm}$

5.4 光谱性能

光谱性能应符合表 4 的要求。

表 4 光谱性能要求

项目	技术要求
波数范围	100cm ⁻¹ ~3500cm ⁻¹
波数准确度	≤±0.5cm ⁻¹
波数重复性	≤0.2cm ⁻¹
光谱分辨率	≤1.0cm ⁻¹ (532nm, 18001/mm)
信噪比 (硅 520.7cm ⁻¹ , 1s)	≥50:1
暗噪声	≤100counts
光谱线性度	≤±0.5%
杂散光抑制比	≤10 ⁻⁴
探测器量子效率	≥80% (对应波段)
积分时间范围	1ms~1000s 连续可调
波长校正精度	≤±0.2cm ⁻¹

5.5 成像性能

应满足下列要求：

- a) 成像像素：不低于 2048×2048；
- b) 成像速度：512×512 像素单帧成像不超过 500ms；
- c) 图像畸变：不大于 1%；
- d) 三维重构最小层间距：0.1 μm；
- e) 成像重复性：同一区域连续 10 次采集，强度偏差不大于±3%；
- f) 扫描方式：可实现单谱点、线扫描、面扫描、三维立体扫描。

5.6 电气安全

应满足下列要求：

- a) DC500V 下绝缘电阻不小于 20MΩ；
- b) 承受 AC1500V、1min 耐压试验，无击穿、无闪络；
- c) 激光安全等级为 Class 3B，配有警示标识与安全联锁装置（符合 GB/T 7247.1 的规定）；
- d) 连续工作 4h，外壳表面温升不大于 25K；
- e) 电磁兼容性能符合 GB/T 18268.1 的规定；
- f) 电压在额定值±10%范围内变化时，仪器可正常工作。

5.7 软件功能

应具备下列功能：

- a) 支持实时光谱显示、成像显示、三维重构；
- b) 支持峰位寻峰、拟合、积分、归一化、多谱对比；
- c) 支持拉曼成像图、伪彩图、深度剖析图输出；
- d) 支持数据导出为 txt、csv、jpg、tif 格式；
- e) 具备用户权限管理、日志记录、故障自检；
- f) 支持自动对焦、自动寻峰、自动校准；
- g) 支持多区域选区、批量采集、定时采集；

- h) 具备基线校正、去噪、平滑、归一化等预处理功能；
- i) 支持光谱库检索、成分匹配、相似度计算。

5.8 可靠性

应满足下列要求：

- a) 平均无故障工作时间 (MTBF) : $\geq 3000\text{h}$;
- b) 连续稳定工作时间: $\geq 168\text{h}$;
- c) 软件故障率: ≤ 1 次/1000h;
- d) 断电保护: 断电后数据不丢失, 上电可恢复;
- e) 光学系统稳定性: 连续工作 8h, 光谱峰位漂移 $\leq \pm 0.3\text{cm}^{-1}$ 。

5.9 环境适应性

应满足下列要求：

- a) 低温贮存: 在 -20°C 条件下贮存 24h, 恢复后性能正常;
- b) 高温贮存: 在 60°C 条件下贮存 24h, 恢复后性能正常;
- c) 湿热试验: 在 40°C 、相对湿度 90% 条件下进行 48h 湿热试验后, 性能正常;
- d) 振动试验: 在 $5\text{Hz} \sim 55\text{Hz}$ 、振幅 0.19mm 条件下进行扫频振动试验后, 性能无异常。

6 试验方法

6.1 试验条件

温度 $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 45%~65%, 仪器预热 $\geq 30\text{min}$, 电源稳定, 标准光源应采用符合 GB/T 40219 要求的氙灯、氩灯、汞灯等元素灯, 光源辐射稳定度优于 $\pm 0.5\%$, 覆盖仪器工作波段。

6.2 外观与结构检查

采用目视观察、手动操作及通用量具进行检测。

6.3 光学系统性能试验

6.3.1 激光器性能

应按照以下方法进行：

- a) 波长偏差: 使用激光波长计测量激光器输出波长, 取实测值与标称波长之差;
- b) 功率稳定性: 仪器预热稳定后, 在额定功率下连续工作 4h, 每隔 10min 记录输出功率, 计算最大功率与最小功率的相对偏差;
- c) 功率调节范围: 调节仪器功率控制单元, 从最小至最大逐级调节, 确认在 $0.1\text{mW} \sim$ 额定功率范围内连续可调;
- d) 光束指向稳定性: 按照 GB/T 15175 规定的方法进行;
- e) 激光模式: 使用光束质量分析仪观测光束强度分布, 应呈现基模 TEM_{00} 分布;
- f) 光束发散角: 按照 GB/T 15175 规定的方法进行。

6.3.2 显微物镜

应按照以下方法进行：

- a) 放大率: 按照 GB/T 2609 规定的方法进行;
- b) 数值孔径 NA: 按照 GB/T 2609 规定的方法进行;
- c) 齐焦距离: 按照 GB/T 2609 规定的方法进行;
- d) 工作距离: 按照 GB/T 2609 规定的方法进行;
- e) 光谱透过率: 采用分光光度计测量激发波段与拉曼散射波段的透射比;
- f) 色差校正: 测量多个波长下的焦点偏移, 判定是否达到复消色差校正水平;

6.3.3 共聚焦性能

应按照以下方法进行：

- a) 横向空间分辨率: 采用刀边法或纳米标准颗粒, 测量 10%~90% 上升沿距离;

- b) 纵向空间分辨率：沿光轴方向扫描标准样品，获取轴向响应曲线，取半高宽；
- c) 针孔孔径调节范围：通过控制系统设置并读取针孔尺寸，确认 $20\ \mu\text{m}\sim 1000\ \mu\text{m}$ 连续可调；
- d) 图像均匀性：按照 GB/T 44268.1 规定的方法进行；
- e) 共焦抑制比：测量焦平面信号与离焦平面杂散信号的强度比值；
- f) 同轴度：按照 GB/T 2609 规定的方法进行；

6.4 光谱性能试验

应按照以下方法进行：

- a) 波数范围：仪器预热后，在全波段扫描标准样品，确认可正常采集 $100\text{cm}^{-1}\sim 3500\text{cm}^{-1}$ 范围内光谱；
- b) 波数准确度：按照 GB/T 40219 规定的方法进行；
- c) 波数重复性：按照 GB/T 40219 规定的方法进行；
- d) 光谱分辨率：按照 JJF 1544 规定的方法进行；
- e) 信噪比：按照 GB/T 40219 规定的方法进行；
- f) 暗噪声：关闭激光光源，在规定积分时间和工作温度下采集 10 次空白光谱，计算基线信号的最大值或标准偏差，即为暗噪声；
- g) 光谱线性度：设置 3 个不同入射光强等级（如 $0.1\times$ 、 $0.5\times$ 、 $1.0\times$ 标称光强），在规定积分时间下采集光谱，记录各等级下的信号强度，计算信号强度与入射光强的相对偏差；
- h) 杂散光抑制比：使用截止滤光片阻挡激发光，测量杂散光强度与主峰强度之比；
- i) 探测器量子效率：使用标准辐照度光源，在工作波段测量探测器响应并计算量子效率；
- j) 积分时间范围：设置最小 1ms、最大 1000s 积分时间，确认仪器可正常采集；
- k) 波长校正精度：使用标准光源校正后，测量标准峰位偏差。

6.5 成像性能试验

应按照以下方法进行：

- a) 使用分辨率板测量图像畸变、均匀性、清晰度；
- b) 软件计时测量成像速度；
- c) 连续 10 次成像测试强度重复性；
- d) 三维重构精度采用标准台阶样片进行校验。

6.6 电气安全试验

按照 GB 4793.1、GB/T 7247.1、GB/T 18268.1 规定的方法进行。

6.7 软件功能试验

逐项操作软件，检查功能完整性、数据保存、格式导出、用户权限、自动流程、图谱处理等。

6.8 可靠性试验

应按照以下方法进行：

- a) MTBF 按照 GB/T 5080.7 进行评估；
- b) 连续通电 168h，每 24h 记录关键性能指标（空间分辨率、波数准确度、信噪比、电气安全、激光安全）；
- c) 记录软件运行状态、死机、报错次数。

6.9 环境适应性试验

按 GB/T 11606 中的规定进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

每台仪器应逐台检验，合格并附合格证后方可出厂，检验项目包括外观与结构、激光功率、波长、波数准确度、重复性、信噪比、成像清晰度、电气安全。

7.3 型式检验

7.3.1 检验时机

出现下列情况之一时进行型式检验：

- a) 新产品定型、投产；
- b) 结构、工艺、材料重大改变；
- c) 正常生产每 2 年；
- d) 停产一年以上恢复生产时。

7.3.2 抽样规则

按 GB/T 2828.1 的规定进行抽样。

7.3.3 检验项目

型式检验项目为本文件第 5 章规定的全部技术要求。

7.4 判定规则

全部项目合格，判定为合格，关键项目（空间分辨率、波数准确度、信噪比、电气安全、激光安全）任一项不合格，判定为不合格，非关键项目不合格允许复检，复检合格可判定合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

铭牌应标明产品名称、型号、出厂编号、主要技术参数、生产单位、出厂日期及激光安全等级等内容，包装储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2 包装

应符合 GB/T 13384 的规定，采用减震、防潮、防静电包装，随附文件应包括产品合格证、使用说明书、校准证书、软件介质、保修卡及备件清单。

8.3 运输

运输过程中应避免剧烈振动、碰撞及雨淋日晒，运输环境温度宜为 $-20^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%。

8.4 贮存

应贮存在通风、干燥、无腐蚀性气体的场所，远离强磁场及热源，贮存环境温度为 $0^{\circ}\text{C}\sim40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%。