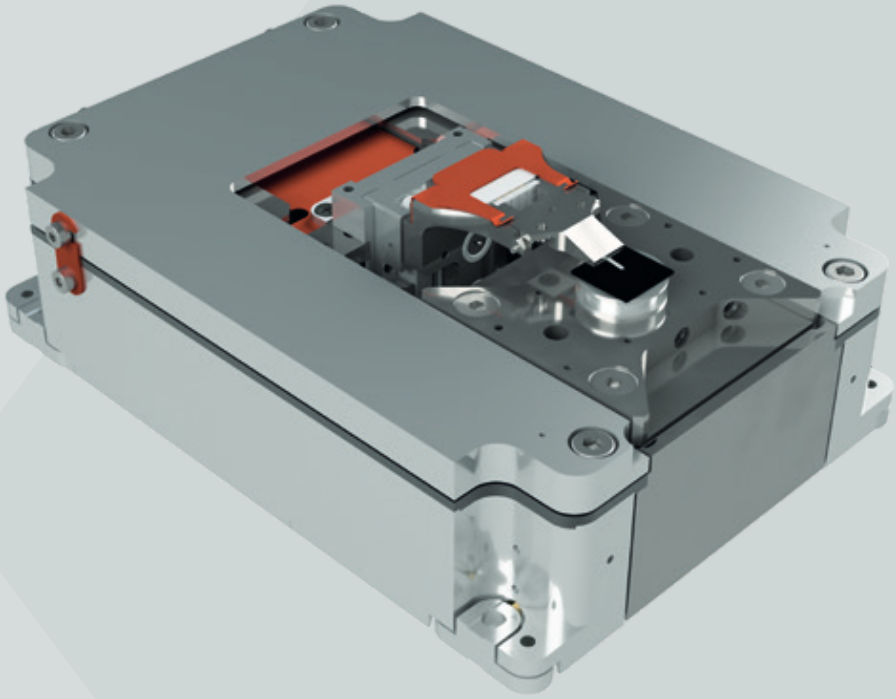
NenoVision

XBOUND 芯无界

LiteScope

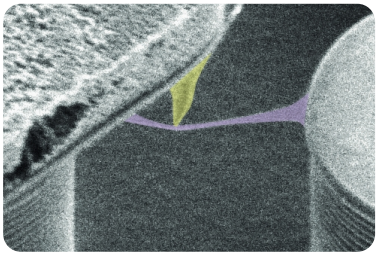
AFM in SEM 电镜式原子力显微镜



为什么选择 AFM-SEM 联用技术

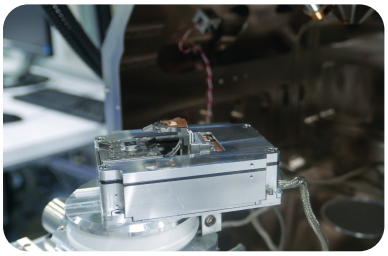
SEM 与 AFM 是亚纳米级样品分析中应用最广泛且互补的两大技术。将 AFM 集成至 SEM 中可融合两者的优势，实现超高效工作流程，完成传统 AFM 和 SEM 难以或无法实现的极限性能和复杂样品分析。

技术优势



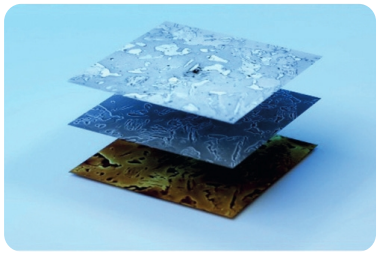
精确定位至感兴趣区域

使用 SEM 导航 AFM 尖端到感兴趣区域，定位更精准，且定位速度远超传统 AFM。



原位样品表征

无需更换设备，原位条件下确保 SEM 和 AFM 分析在同一时间、同一位置和相同条件下进行。



多模态样品分析

同时采集同位置的 AFM（三维形貌、电学、磁学等）和 SEM （二维形貌、EDS 等）数据，并无缝拟合、关联。

整合 AFM 和 SEM 的优势

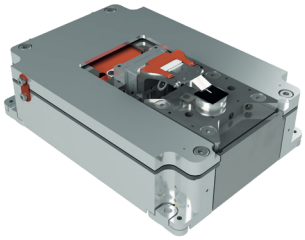
AFM

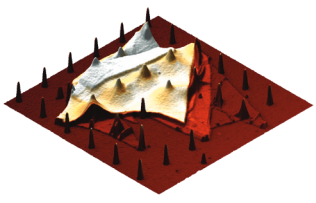
- 精确 3D 成像
- 高分辨率（亚纳米级）
- 机械性能
- 电性能
- 磁性能



3D 成像

AFM-SEM





3D CPEM 成像

SEM

- 快速 2D 成像
- 视场范围（mm-nm）
- 表面改性
- 元素组成
- 晶体结构

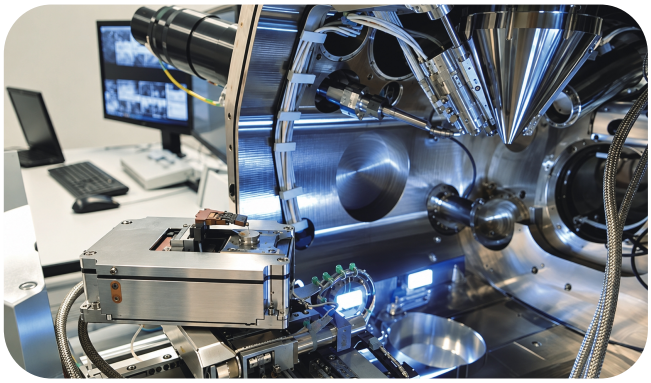


2D 成像

LiteScope

创造性的将 AFM 与 SEM 无缝集成，使两种表征方式优势互补，开辟全新分析视角。

- 原位多模态及关联分析
- 高效的工作流程
- SEM 内实现顶级性能表现
- 开源硬件设计，便于定制



测量模式

形貌及力学性能

- 亚纳米形貌
- 表面粗糙度
- 局部弹性
- 局部硬度

多模态关联分析

- 探针与电子束关联显微成像

磁性能

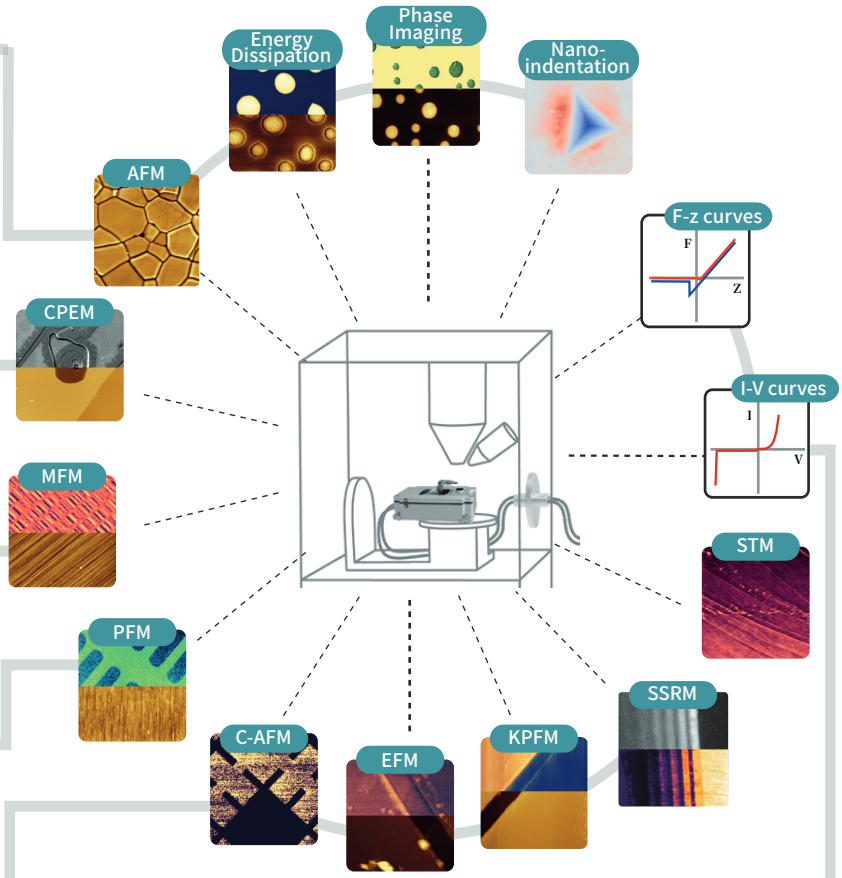
- 磁畴成像

机电性能

- 压电畴成像

电性能

- 导电率 Mapping
- 局部表面电势 Mapping
- 局部电学特性
- 局部电阻分布

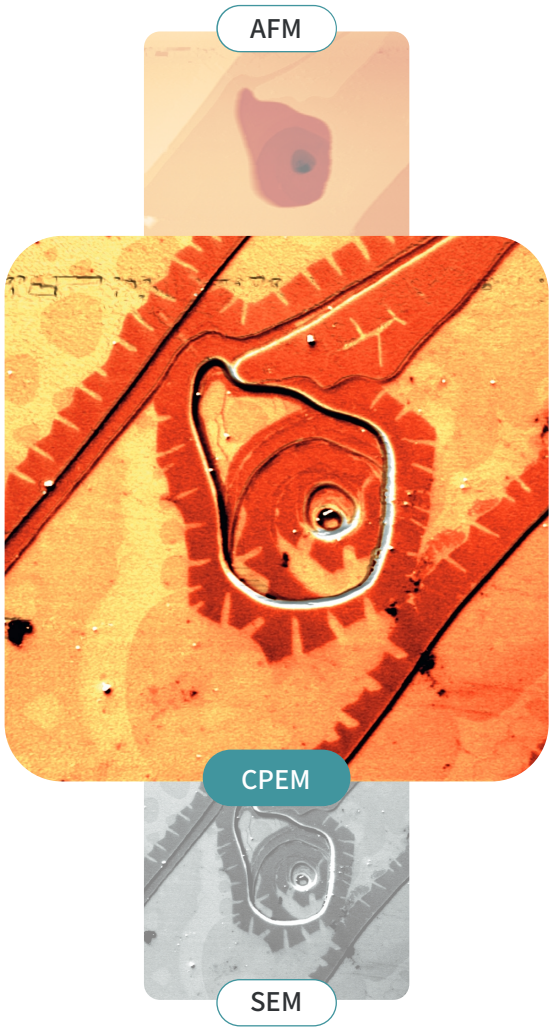


谱学分析

- 力-距离曲线
- 电流-电压曲线
- 时间分辨谱

CPEM+

CPEM 是关联 SEM 与 AFM 两种表征手段的革命性技术。从硬件层面实现 SEM 和 AFM 多模态数据同时获取，并自动无缝关联拟合，实现远超传统共坐标系统的精度、速度和效果，为使用者提供全新的分析视角。



CPEM+ 的优势

同步且自动关联的数据采集

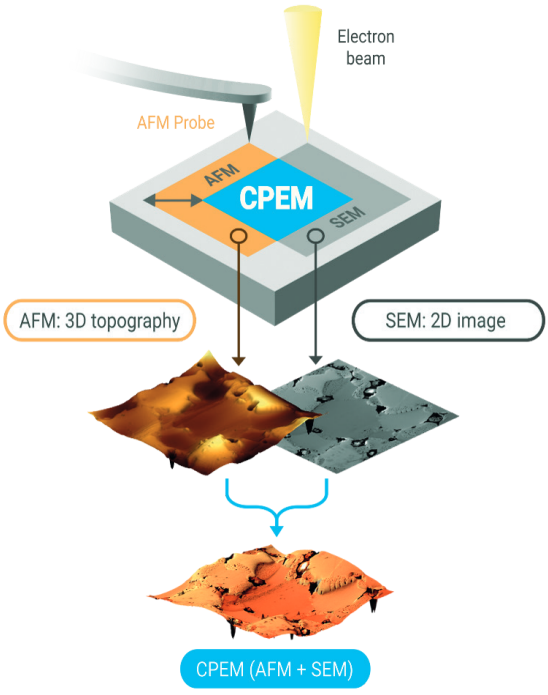
通过 NenoView 软件同时进行 AFM 和 SEM 数据的多通道采集。

前所未有的拟合精度

AFM 和 SEM 的硬件同步技术保证了无与伦比的拟合精度。

简单且高效的工作流

探针自动调优和人工智能驱动的数据处理和校正技术确保了 CPEM 可简单、快速的实现。

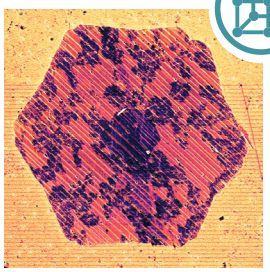


它是如何工作的?

在样品上，电子束指向 AFM 尖端附近，保持恒定偏移。它们都保持静止，而样品则通过压电扫描器进行扫描。这样，两个显微镜的数据可以在同一时间、同一位置和相同条件下获取。

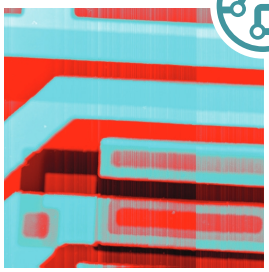
应用领域

LiteScope 利用其先进的 3D 关联成像、多样强大测量模式和高精度的图像对齐，为样品分析提供前所未有的可能性，适用于材料科学、纳米技术、半导体、固态电池开发、生命科学等研究领域及工业应用。



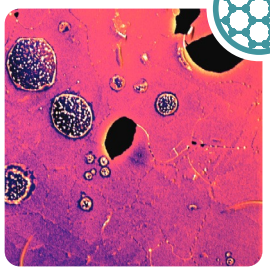
材料科学

- 1D/2D 材料
- 钢铁和金属合金
- 电池
- 陶瓷
- 聚合物和复合材料



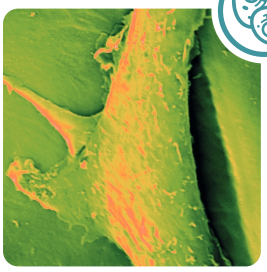
半导体

- 集成电路
- 太阳能电池
- 失效分析
- 掺杂可视化
- 电流泄漏定位



纳米结构

- FIB/GIS 改性表面
- 量子点
- 纳米结构薄膜
- 纳米图案
- 纳米线



生命科学

- 细胞生物学
- 海洋生物学
- 蛋白质技术

突破 SEM 性能极限

通过利用紧凑的设计和最先进的数字信号处理单元，让 AFM 在 SEM 内部也能实现超强性能。

参考样品

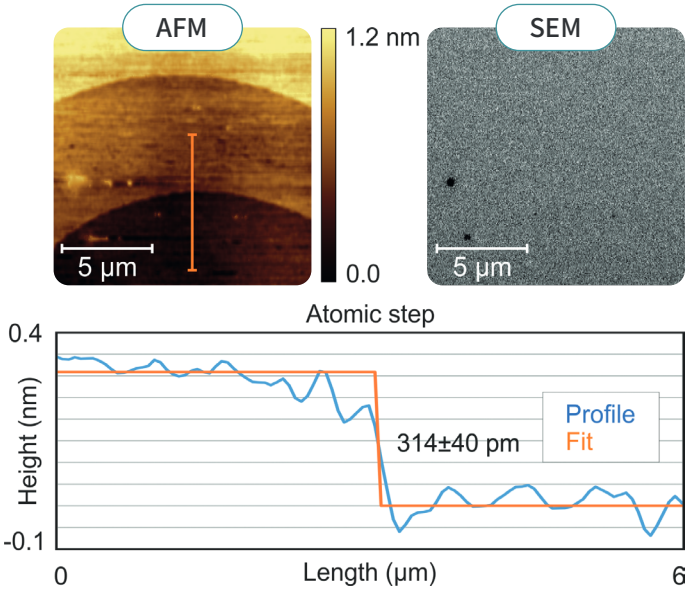
样品：硅原子台阶

分析：CPEM，同时进行 AFM 和 SEM

测量结果

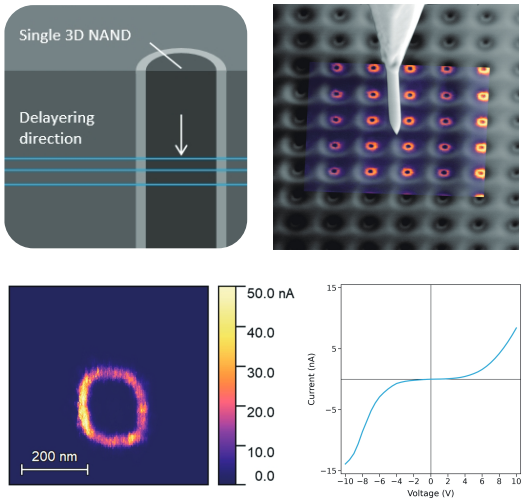
- 台阶高：314 ± 40 pm
- 台阶的 RMS 粗糙度：72 pm
- 噪声基底低至 40 pm

CPEM 测量



LiteScope 独有的应用

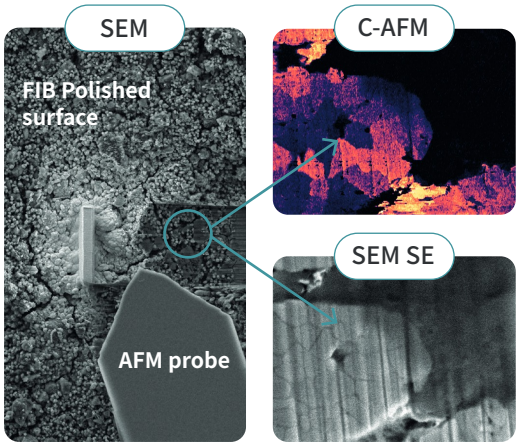
LiteScope 同时使用 SEM 与 AFM 相比单独的 SEM 或 AFM 设备，Litescope 的方案可提供更精确的结果、更直击问题本质的图像、数倍于传统设备的速度并降低总体成本，获得更好的测量效果。



3D NAND 失效分析

利用聚焦离子束（FIB）对 3D NAND 样品逐层剥层，精准暴露指定深度的存储单元；SEM 画面实时导航 AFM 探针至目标位置，随即以导电原子力显微镜（C-AFM）原位测绘局部导电分布，将电学失效精确定位到单个 NAND 单元。制样、定位、电学分析全程在同一真空腔内完成，样品不暴露空气、不转移设备。

- 逐层剥层直达目标深度，失效定位精确至单个存储单元。
- FIB 制样与 C-AFM 分析同腔无缝衔接，杜绝氧化污染，大幅缩短分析周期。

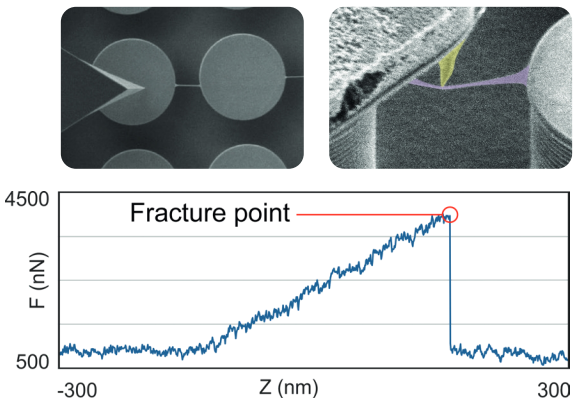


电池的原位表征

固态电池（SSB）比锂离子电池显示出更高的能量密度、更长的寿命和更好的安全性。由锂镍锰钴氧化物（NMC）颗粒组成的正极胶带在手套箱中经过 200 个周期后被打开，原位切割并使用 AFM-in-SEM 测量。

样品提供：Aleksandr Kondrakov, BELLA (DEU)

- 在 CAM 横截面处对局部电导率（C-AFM）进行表征
- 无需空气暴露即可原位制备敏感 CAM



纳米线的先进表征

悬挂蜘蛛丝纳米线因其独特的机械性能而被研究，通过超精确定位AFM尖端在悬挂的纳米线上。力-距离曲线功能使得确定纳米线的弹性和塑性变形成为可能。

样品提供：Linnea Gustafsson, KTH (SWE)

- SEM：精确定位 AFM 尖端和纳米线变形的实时观察
- 分析属性如杨氏模量和抗拉强度

超强改装与拓展潜力

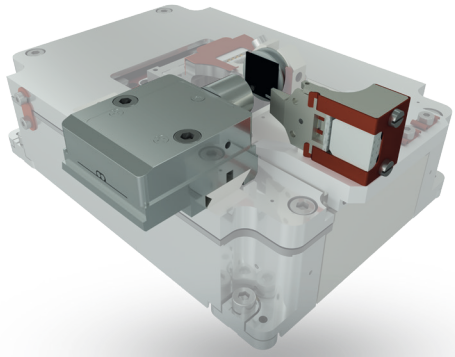
LiteScope 采用开放式模块化设计，在标准配置之外提供丰富的原厂定制与扩展选项，可随研究需求拓展升级，充分保护用户的长期投资。

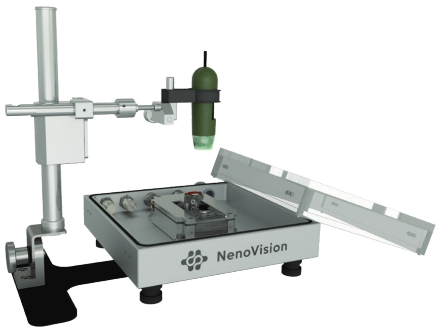
- 适配 SEM 真空转移：可选配样品传输模块，可适配市面常见真空转移装置（如 Quorum 、赛默飞等），实现样品全程无空气接触转移，完美保护空气敏感样品。
- 适配 SEM 交换仓：可选配 Load-lock 模块，适配电镜交换仓，无需开大仓，即可实现更换探针与样品。
- 适配超高真空：可选配 UHV 版本，在 10^{-8}Pa 超高真空环境下稳定工作。
- 原位加热模块：可加装加热模块，实现高达 800 °C 的原位加热实验。

选配件

纳米压痕模块

纳米压痕模块能够在使用超高倍数扫描电子显微镜观察样品的同时进行微机械实验，并利用 LiteScope 以亚纳米级分辨率对压痕样品进行分析。（右图）



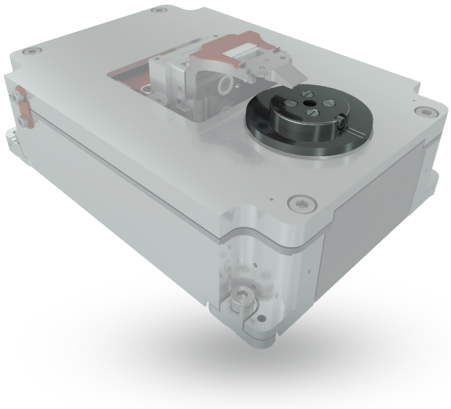


NenoCase 与数码相机

在环境条件或不同气氛下将 LiteScope 作为独立 AFM 使用，通过数码相机精确导航探针。（左图）

样品旋转模块

适用于 FIB 后进行 AFM 分析。此外还允许同时安装多个样品实现在不打开 SEM 腔室的情况下即可对多个样品进行测试。（右图）



LiteScope 技术参数

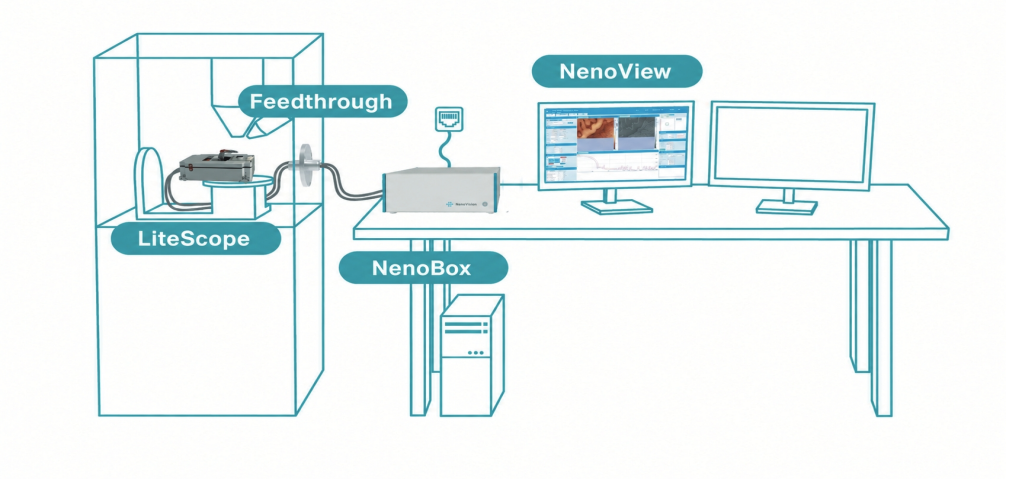
尺寸	118 mm x 84 mm x 35.7-48.4 mm	开环扫描范围	100 µm x 100 µm x 20 µm
总重量	460 g	闭环扫描范围	80 µm x 80 µm x 16 µm
真空工作范围	10^5 Pa ~ 10^{-5} Pa	扫描器位移精度	0.2 nm x 0.2 nm x 0.04 nm
工作温度	+10 °C ~ +35 °C	最大样品尺寸	50mm x 50mm x 8mm
最大可扫描样品范围	21 mm x 11 mm x 8 mm	最大样品重量	100 g

测量模式

- 形貌及力学性能：AFM 形貌，能量耗散，相位成像，纳米压痕
- 电性能：C-AFM、KPFM、EFM、STM、SSRM
- 磁性能：MFM
- 机电性能：PFM
- 力-距离曲线，电流-电压曲线，时间分辨谱
- 多模态关联分析：CPEM

基础配置

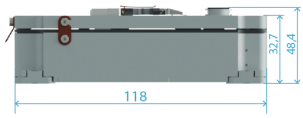
凭借优化设计，LiteScope AFM 兼容赛默飞世尔、TESCAN、蔡司、日立、JEOL 等主流品牌 SEM 系统及其配件，其他品牌电镜亦可定制适配。

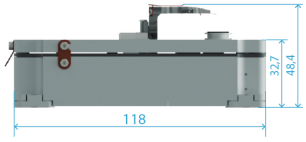


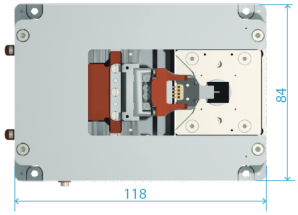
- LiteScope 扫描头
- NenoBox - 控制单元
- NenoView - 控制软件
- Feedthrough（连接器）
- SEM 适配器
- 电缆
- 安装和培训
- 探针

部分用户

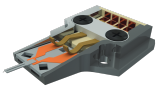
测量模组



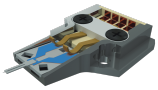




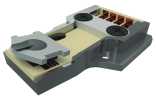
探针



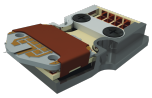
Akiyama 形貌探针



磁性探针

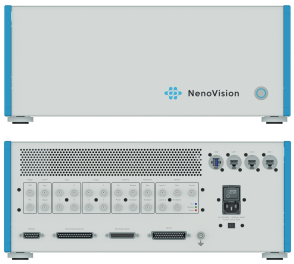


力学探针



导电探针

控制单元和控制软件



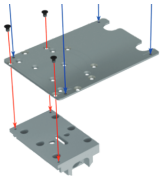
NenoBox



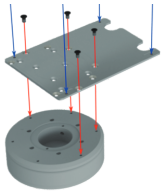
NenoView

各品牌电镜适配模

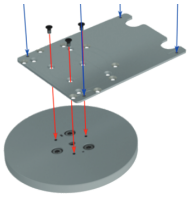
Tescan（LM- type）



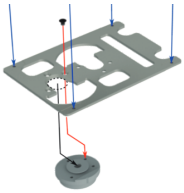
Tescan（GM- type）

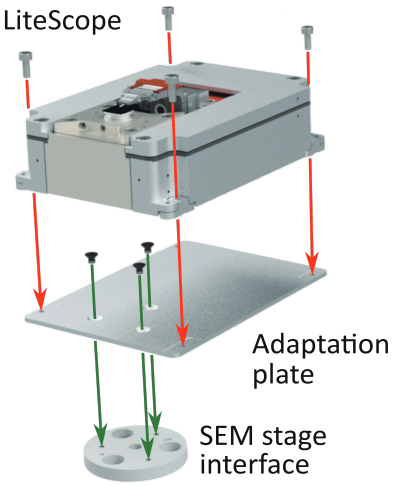


Thermo Fisher



ZEISS

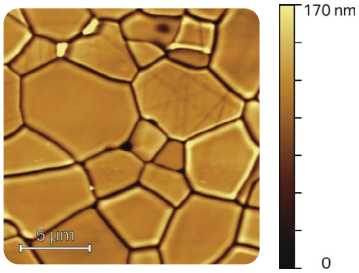




适配电镜品 （其他品牌亦可定制）

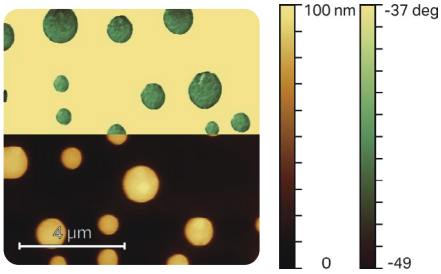
ThermoFisher SCIENTIFIC　ZEISS　TESCAN PERFORMANCE IN NANOSPACE　HITACHI Inspire the Next　JEOL

形貌与力学性能



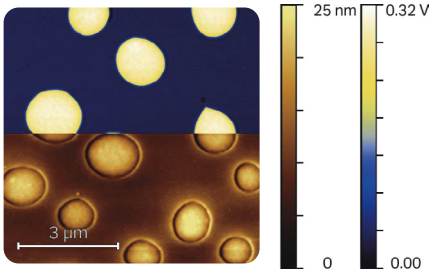
原子力显微镜（AFM）

原子力显微镜可对各类样品进行高分辨率形貌测量，能使用多种自感知探针，测量可采用接触模式或轻敲模式。



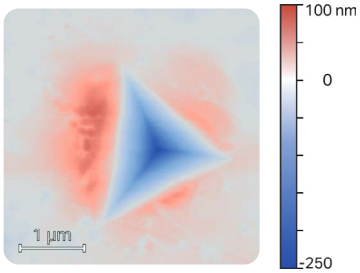
相位成像（Phase Imaging）

相位成像是一种用于测绘表面特性（如弹性、黏附性、摩擦力）差异的技术。它是一种单次扫描技术，在保持振荡振幅恒定的同时，检测探针驱动信号与探针振荡信号之间的相位差。



能量耗散（Energy Dissipation）

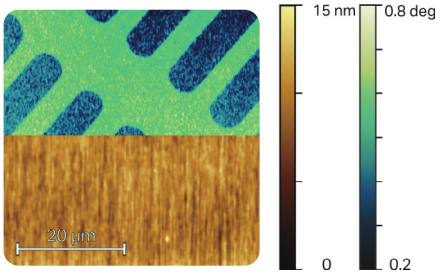
能量耗散可对材料的局部弹性特性进行成像。该方法通过测量轻敲模式扫描过程中针尖 - 样品相互作用所耗散的能量来实现。



纳米压痕（Nanoindentation）

这是一种广泛用于材料硬度定量表征的方法。LiteScope 配备的 Alemnis 专用纳米压痕模块，可在扫描电镜（SEM）内精准控制实验条件，实现局部硬度与弹性的测量。

机电性能



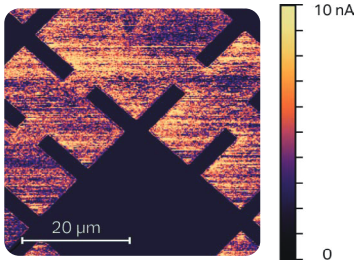
压电响应力显微镜（PFM）

压电响应力显微镜可对压电材料的畴结构进行成像。该模式测量材料在交变电压作用下的力学响应，同时获取其形貌信息。

电学性能

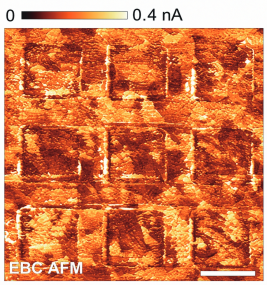
导电原子力显微镜（C-AFM）

导电原子力显微镜可对样品进行高分辨率局部电导率成像。测量时，在针尖与样品间施加偏置电压，同时在接触模式形貌测量过程中检测针尖 - 样品间的电流。



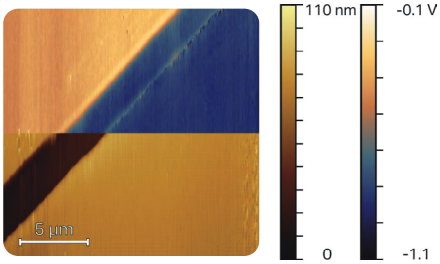
电子束激发导电原子力显微镜（EBC-AFM）

利用扫描电镜的电子束替代传统物理背接触，电子束在局部注入电荷，形成有效的虚拟电极，利用探针可直接测量流向接地端的电流，无需任何背接触制备与样品前处理，即可原位同步实现形貌表征与电学成像，有效改善基底不导电样品或不连续薄膜测量C-AFM困难的问题。



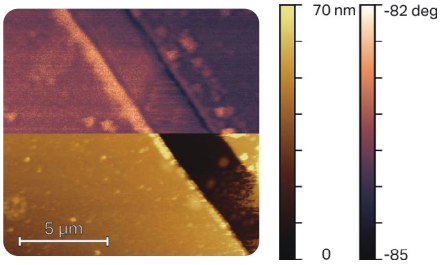
开尔文探针力显微镜（KPFM）

这是一种双扫描技术，用于分析局部表面电势分布：第一次扫描测量样品形貌，第二次扫描通过检测针尖与样品间的电相互作用，表征局部表面电势。



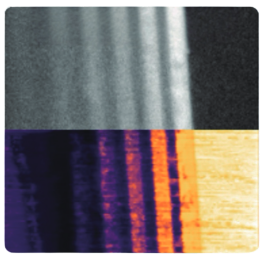
静电力显微镜（EFM）

静电力显微镜通过检测样品表面与带电 AFM 针尖之间的静电力，来测绘样品表面的电学特性，可提供样品表面电场梯度的定性信息。



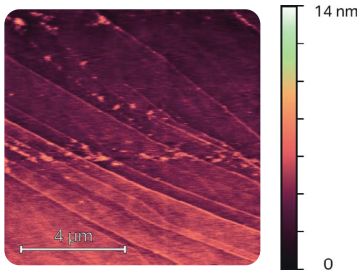
扫描扩展电阻显微镜（SSRM）

扫描扩展电阻显微镜可在纳米尺度下通过测量针尖与样品接触时的扩展电阻，实现局部载流子浓度、掺杂分布的成像表征，可用于半导体器件的工艺监控、二维材料的导电性分布分析等场景。它可帮助研究者分析原子级表面结构、缺陷及台阶等。

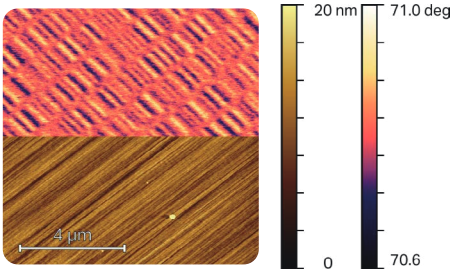


扫描隧道显微镜（STM）

扫描隧道显微镜利用探针与导电样品表面之间的量子隧道电流，以原子级超高分辨率获取表面的三维形貌，尤其适用于金属、半导体及层状材料（如 HOPG）的晶格与台阶成像。



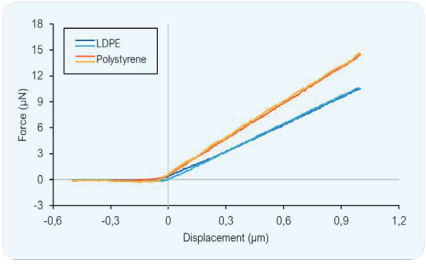
磁学性能



磁力显微镜（MFM）

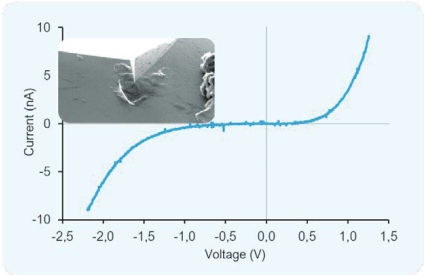
磁力显微镜可对不同材料的磁特性进行高分辨率成像。通过在悬臂针尖侧使用带磁性涂层的探针，AFM 系统能定性测量样品表面上方的磁场梯度。

谱学分析



力 - 距离曲线（F-z 曲线）

力 - 距离谱学是精准表征样品局部特性的实用工具，可用于多种场景：比如样品刚度分析、针尖 - 表面作用力的详细变化过程，或是局部弹性 / 塑性的测定。



电流 - 电压曲线（I-V 曲线）

电流-电压曲线能提供样品电学特性的详细信息。电流-电压曲线能提供样品电学特性的详细信息，SEM 导航可实现精准的针尖定位，还能为实验设计提供更多可能性。

芯无界表征科技（上海）有限公司
XBOUND Characterization Technology (Shanghai) Co., Ltd.

上海市闵行区申滨路 88 号 705B 室

电话：021-3358 6350　邮箱：info@xbound-tech.com