

Hysitron TI 980

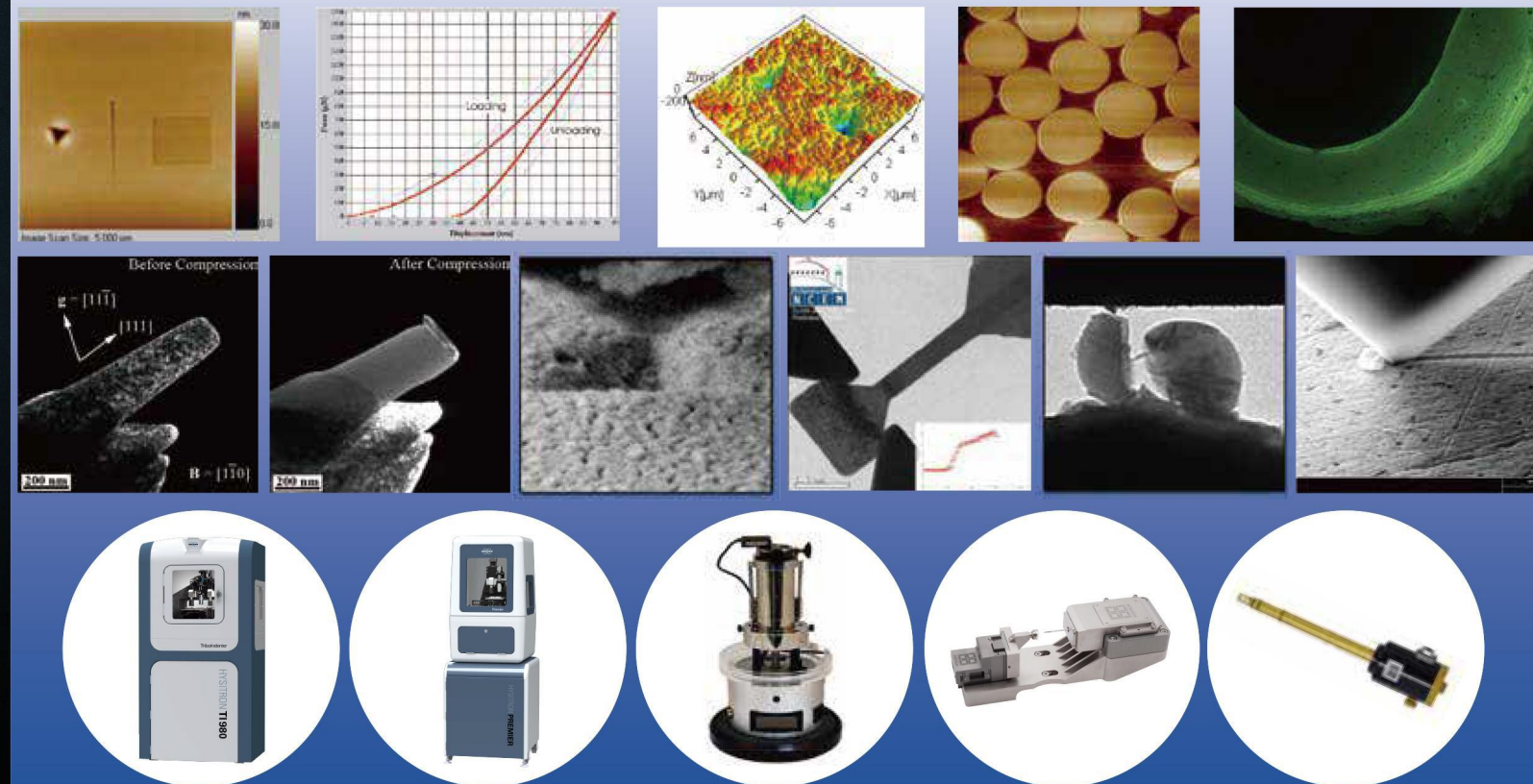
TriboIndenter



Unrivaed Performance

Accelerating Innovation

The World's Most Powerful Nanomechanical & Nanotribological
Test System For All Your Materials Analysis Needs



布鲁克纳米力学测试系统



纳米力学检测领导品牌

Bruker(布鲁克)是全球领先的纳米力学检测仪器制造商，成立于1992年，为科研领域开发尖端检测技术。作为纳米力学性能测量与原位成像表征的先驱，Bruker伴随着纳米科技市场成长了20多年。

除了纳米压痕和微米压痕，Bruker仪器功能还包括摩擦、划痕、磨损、模量成像、动态力学分析、声发射监测、接触电阻测量和原位SEM/TEM纳米力学检测。我们的仪器专为解决您的纳米力学性能研究需求而设计，并且我们的专家团队将回答并帮助解决您的问题。

布鲁克公司为您提供纳微米力学性能检测的解决方案。

Bruker全球实验室分布图

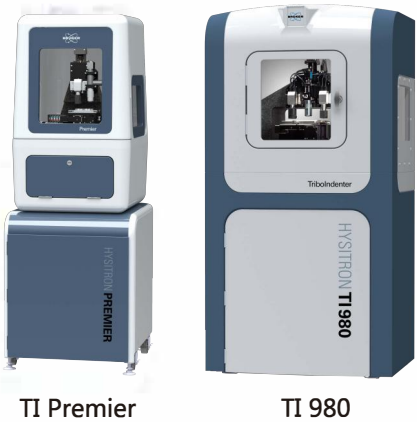


Bruker获奖情况

年份	获奖荣誉	产品
2014	R&D 100 Award	xSol Heating Stage
2014	R&D 100 Award	Triboscope Bio Indenter
2013	Microscopy Today Innovation Award	PI 87 SEM PicoIndenter
2010	Minnesota Tekne Awards	Advanced Manufacturing
2007	Keithley Nanotech Measurements Contest2007	nanoECR
2007	Nanotech Briefs Nano 50 Award	nanoECR
2007	Micro/Nano 25 Award	nanoTensile 5000
2006	R&D 100 Award	TEM PicoIndenter
2006	National Tibbetts Award	SBIR excellence
2006	Minnesota Tekne Award	Emerging innovation
2005	Nanotech Briefs Nano 50 Award	3D OmniProbe

3D 拓扑成像

独立纳米力学测试系统



原子力显微镜用原位纳米力学测试系统

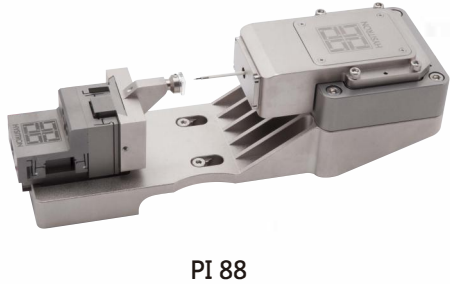
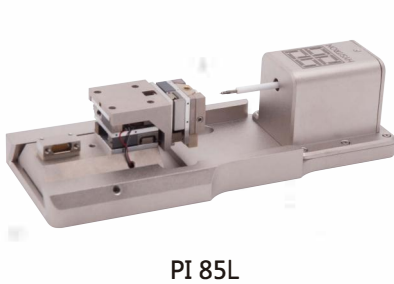


工业用纳米力学测试系统



电子显微成像

扫描电镜用原位纳米力学测试系统



透射电镜用原位纳米力学测试系统



兼容JEOL TEM

兼容FEI TEM

兼容Hitachi TEM

兼容Zeiss TEM

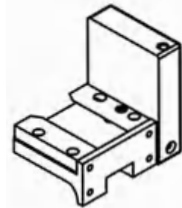
三板电容式传感器—低漂移

传感器用于检测对材料施加的力和位移，进而传输到数据处理系统，形成载荷-位移曲线，被认为是纳米压痕仪的“心脏”。仪器检测的准确度、分辨率主要来源于传感器。Bruker采用已获得5项专利的三板电容传感器，靠静电力施加载荷，同时通过板间电容变化测量位移，热漂移小，具有原位施加超低载荷(nN级)和极高灵敏度的位移测量能力。

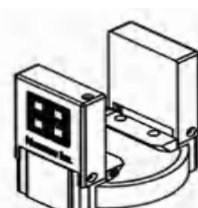
厂商	传感器类型	对比
Bruker	电容	电流小，生热少，热漂移小，测试重复性好
其他	电磁	电流大，生热多，热漂移大，测试重复性差



传感器示意图



(1 维)



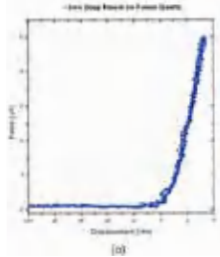
(2 维)

优异的数据控制—高频率

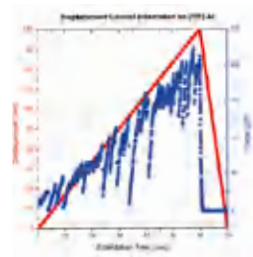
Performech控制模块内部反馈控制回路频率高达78 KHz，确保载荷位移函数能捕捉到压痕产生过程中转瞬即逝的变化，如位错、断裂、薄膜剥落等，非常适用于应变速率快的压痕测试，同时能降低噪音背景，实现真正可靠的微观纳米尺度测试。



传感器示意图



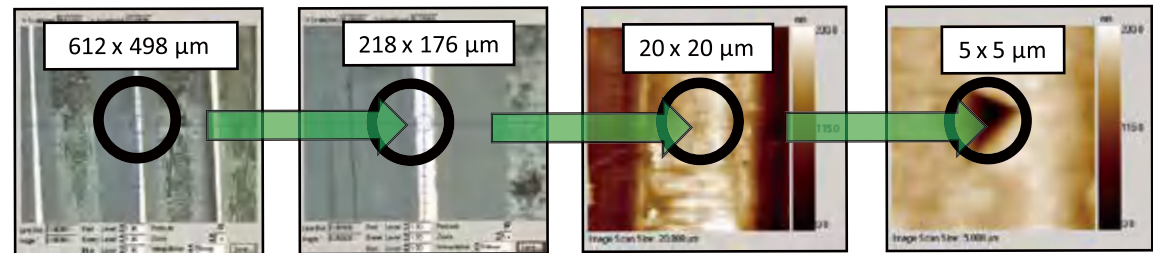
(a) 熔融石英上3 nm深的压痕展示了低噪声背景



(b) 在 (100) 铝上位移控制的纳米压痕展示了整个加载周期出现的大量的位错行为

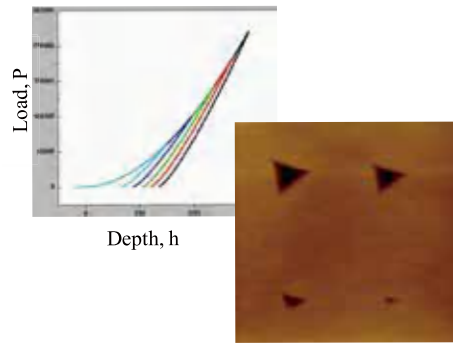
原位扫描成像—高精度

TI 系列使用压头做高精度原位扫描成像，在测试前、后分别获取局部拓扑成像信息，进行精确定位（定位精度可达纳米级）和观察材料变形行为，提供“即时”更新的扫描控制和参数显示。PI系列利用电子显微镜自身的成像和摄像功能，在电子显微镜上进行纳米力学测试的同时直接实时观察检测过程。



光学图像

原位扫描成像

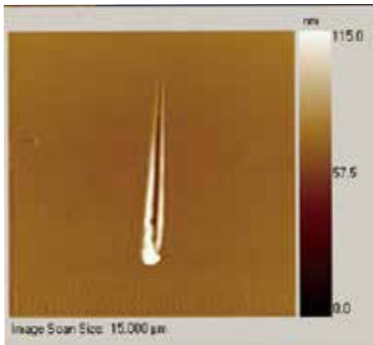


技术参数:

最大载荷: ≥ 10 mN
载荷分辨率: ≤ 1 nN
载荷噪音背景: ≤ 30 nN
最大位移: ≥ 5 μ m
位移分辨率: ≤ 0.006 nm
位移噪音背景: < 0.2 nm
热漂移: ≤ 0.05 nm/s

测量信息:

硬度
弹性模量
接触深度



测量信息:

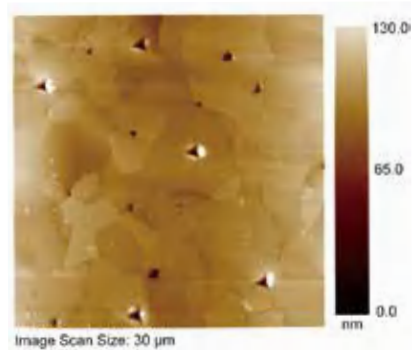
摩擦系数 耐划伤性
薄膜附着力 分层力

技术参数:

最大横向载荷力: 2 mN
横向载荷分辨率: < 50 nN
横向载荷噪音背景: < 3.5 μ N
横向位移分辨率: ≤ 0.02 nm
横向位移噪音背景: < 2 nm
热漂移: ≤ 0.05 nm/s

纳米压痕

原位成像



测量信息:

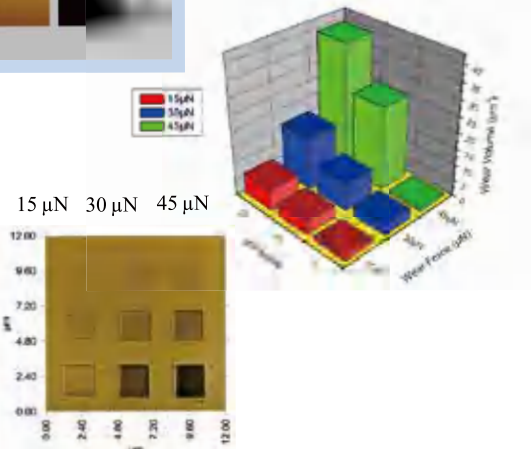
3D形貌图 粗糙度 膜厚 压痕/划痕残余深度

技术参数

扫描频率: 0.01 Hz – 3.0 Hz
位置控制精度: ± 10 nm
最小扫描成像载荷: 70 nN

纳米划痕

纳米磨损



测量信息:

耐磨性 磨损深度 磨损体积 纳米加工

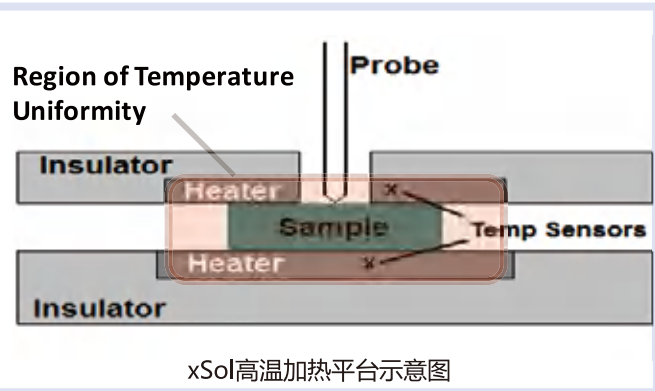
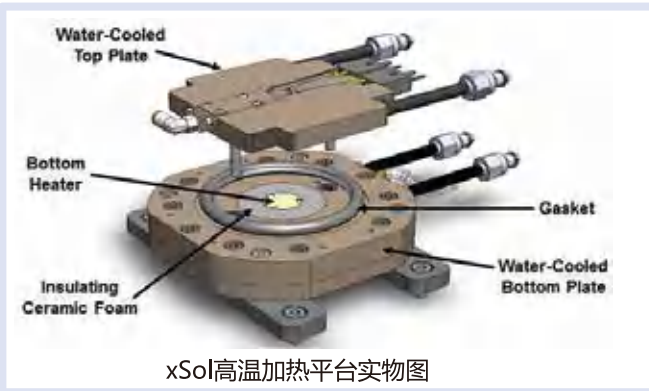
技术参数

磨损面积范围: 1 μ m \times 1 μ m–60 μ m \times 60 μ m
纵向载荷范围: 0.1 μ N ~ 1 mN

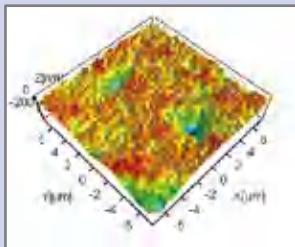
TI 系列升级功能

xSol高温加热平台 部分配置最高可达800°C

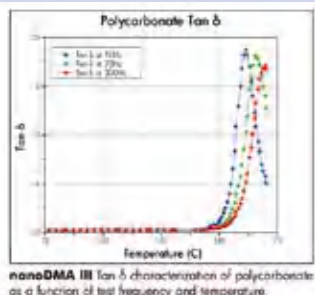
- 微腔式加热设计，样品受热更加均匀
- 多热电偶探测，温度更加精准
- 可通惰性气体保护，样品抗氧化能力增强
- 针尖和样品一起加热，与样品温差减少；
- 液体冷却系统设计，热漂移明显减小
- 超高加热温度，满足高温样品的特殊需求



- 与原位SPM成像、纳米压痕、划痕和摩擦测试兼容，在非环境温度下全面了解样品的力学性能
- 与nanoDMA结合，精准可靠地进行粘弹性材料的温度-时间叠加研究和长时间、高温下的蠕变实验
- 应用领域：金属、陶瓷、聚合物特种材料（如高温合金）复合材料



钛在500°C的原位SPM图像



nanoDMA III Tan delta characterization of polycarbonate as a function of test frequency and temperature.

荧光测试

提供了通过荧光标记手段定位样品特殊区域的能力（细胞结构，生物分子，药剂等）。选配荧光光源，利用荧光显微镜准确定位细胞，测试细胞相应特征。下图为荧光图像监测小鼠新旧组织区。

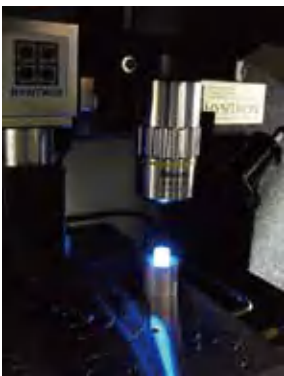


图1 荧光显微镜图



图2 光学显微镜观测小鼠组织

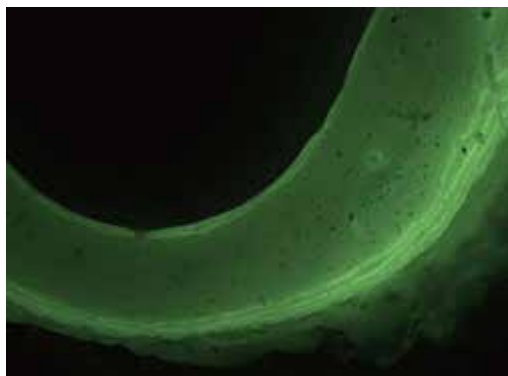
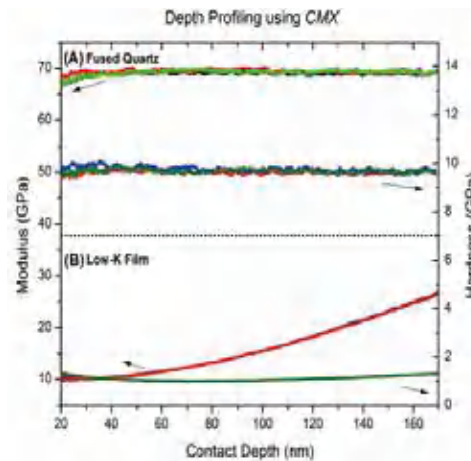


图3 注射钙黄绿素荧光的荧光环对应显示新和旧组织区

TI 系列升级功能

nanoDMAIII

nanoDMA III配备了新开发的CMX控制算法，提供真实连续的力学性能（包括硬度、储能模量、损耗模量、复合模量、 $\tan\delta$ ）与压痕深度、频率和时间的函数关系。全面优化的高带宽的传感器和电子控制纳米动态测试，提供业界领先的性能，灵敏度和宽广的动态范围。Bruker独特的耦合的AC / DC力调制程序，实现真正的纳米力学特性。

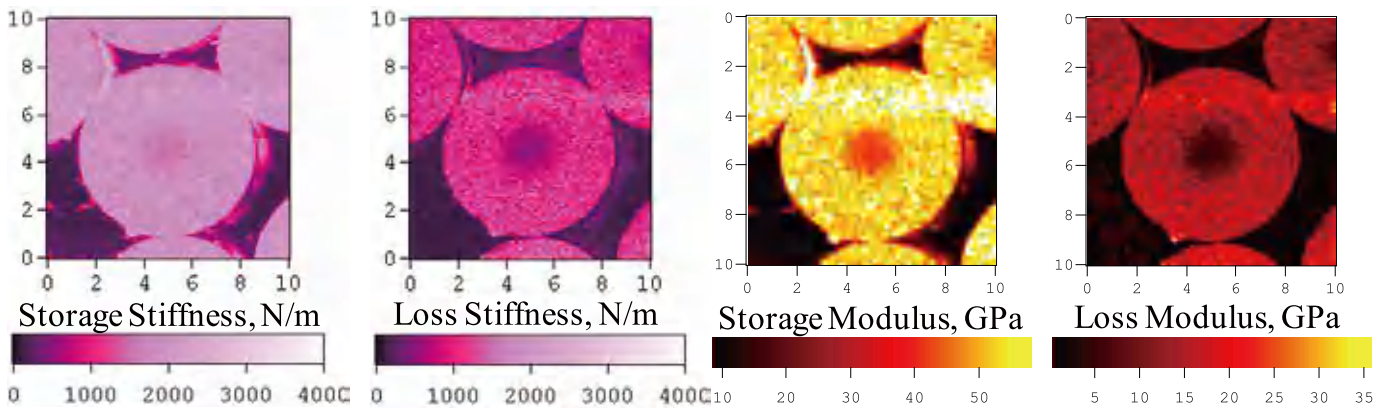


（a）熔融石英和（b）低介电常数薄膜的多次测量显示，模量和硬度是接触深度的函数。图中的每条曲线都包含30s内测量得到的3000个点。

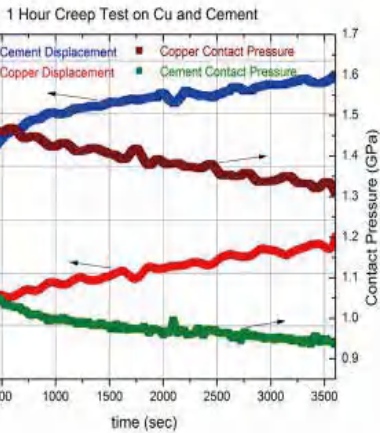
- 高分子材料粘弹性研究（储存/损失模量、 $\tan\delta$ ）
- 连续测试硬度、刚度、模量等（不同深度/时间/频率）

模量成像

该技术通过单次SPM扫描提供表面模量分布图，不再需要数千次压痕测试来表征一个区域。得到储存和损耗模量的定量分布图，尤其是材料界面高分辨率的模量分布。整个实验可在数分钟的时间内，进行65,536次纳米力学测试。



碳纤维的刚度和模量图



用基准频率蠕变测试技术在铜和水泥上1小时的蠕变试验

- 复合材料力学性质区分（结合模量成像）
- 蠕变和应力松弛（消除静态测试漂移干扰）

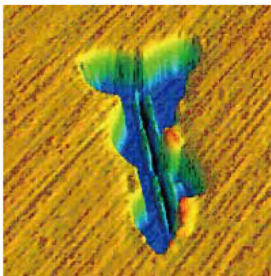
TI 系列其他扩展功能

- **双载荷**: 测试平台同时装高、低载荷头, 从30nN到10N力学范围测试, 从而实现纳米-微米尺度无缝接合。
- **nanoECR®**: 导电纳米压痕系统能够同时提供原位电学和机械力学参数, 用以研究导电材料的变形和应力诱发的转变行为。
- **高载荷**: 可扩展载荷提高压痕和划痕研究的表征能力。
- **3D OminiProbe**: 提供最高达10N的力和最长达150 mm的划痕测试, 进行微米级深度压痕测量和摩擦学研究。
- **声发射TribosAE**: 测量和分析声发射突变和纳米尺度变形现象的关联。预示大量位错活性, 做断裂起始的检测。
- **闭环扫描**: 给出一个略大的参考扫描范围100×100×15 μm, 指导测试位置的精确度和稳定性。
- **主动隔振**: 压电驱动的主动减振使系统快速稳定并得到最佳的测试环境。
- **真空卡盘**: 专为半导体和硬盘设计, 不需要切削晶片, 切换样品方便, 是高通量晶片测试的有效工具。
- **XZ-500扩展位移平台**: 专为超软材料和顺式结构设计的超长位移测试。控制Z轴移动, 提供最大500 μm的位移。
- **自动换压针系统**: 无缝集成到软件界面, 允许用户选择并安装所需的探针, 无需人工干预, 消除手动跟换探针损坏设备的风险。

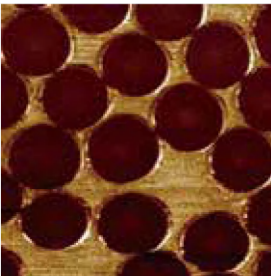
应用领域



生物



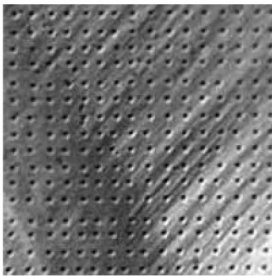
陶瓷



复合物



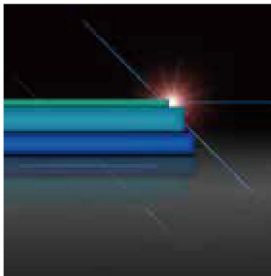
MEMS



金属



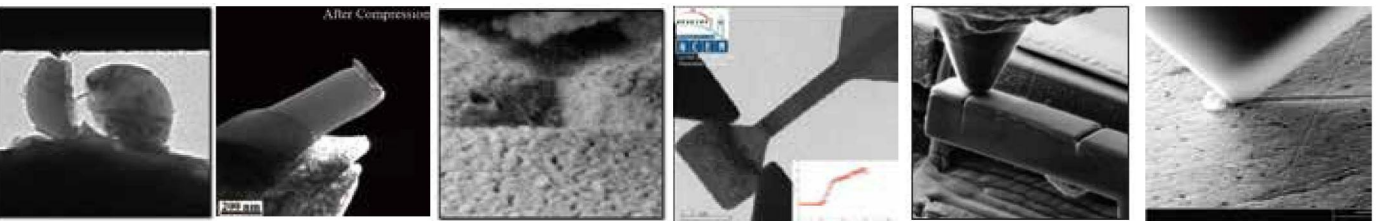
聚合物



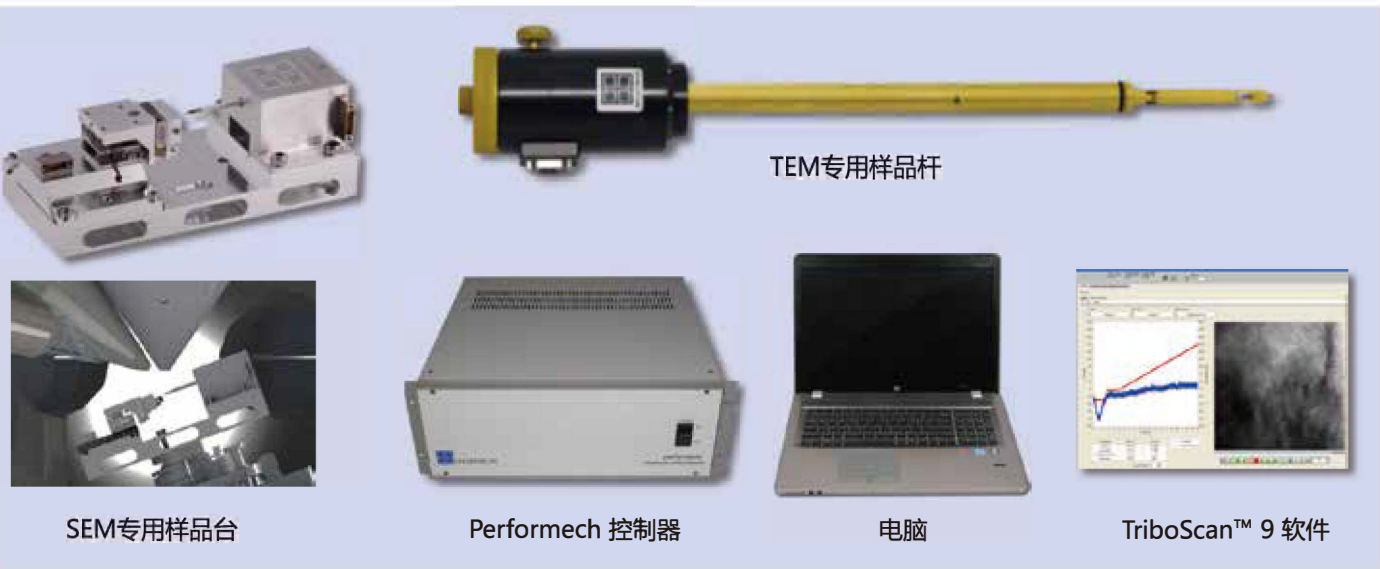
薄膜

Bruker公司制造的PI Series Picoindenter是扫描电镜 (SEM) 和透射电镜 (TEM) 专用的多用途、高灵敏度热学、电学和力学的测试系统。

不仅可以实现纳米尺度材料的成像观察, 还可以同时进行加热和通电测试, 同步得到材料的力学数据, 通过视频接口将材料的力学数据 (载荷-位移曲线) 与相应SEM/TEM视频之间实现时间同步。

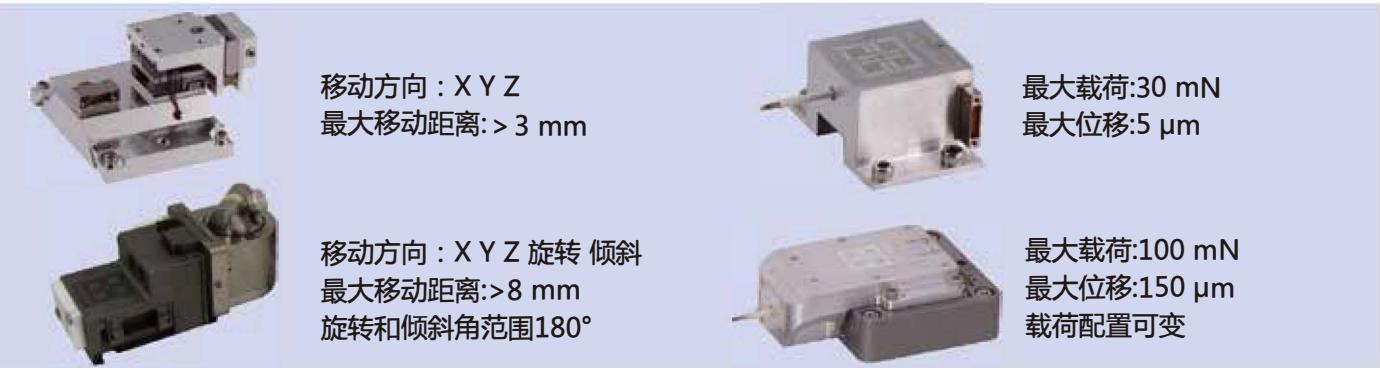


系统组成

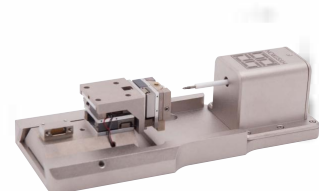


产品特点

- 在电子显微镜上进行纳米力学测试的同时直接实时观察检测过程。
- 采用Bruker专利技术的三板电容传感器, 靠静电力施加载荷, 同时通过板间电容变化测量位移。
- 采用Performech控制器, 具备业界领先的精度、重复性和低背景噪音, 可针对样品进行准静态、局部卸载等不同测试方式进行力学性质分析。



扫描电镜用原位力学系统



PI 85L

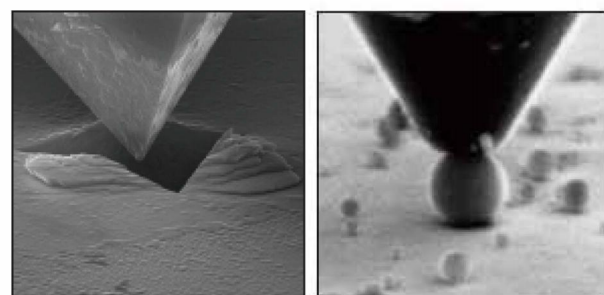
原位纳米力学测试，研究范围覆盖了整个材料领域（金属与合金，陶瓷，复合材料，半导体材料等）。



PI 88

与PI 88相比，增强了样品的定位能力，除过X,Y, Z,一个方向运动外还可倾斜，旋转。配合不同的检测器（EBSD、EDS、WDS等）可表征晶体取向，晶粒结构或化学组成与力学性能之间的关系。无缝FIB加工，也有利于样品的修改和3D表征。

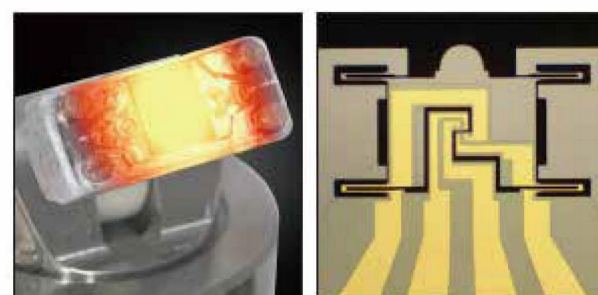
测试模式



纳米压痕

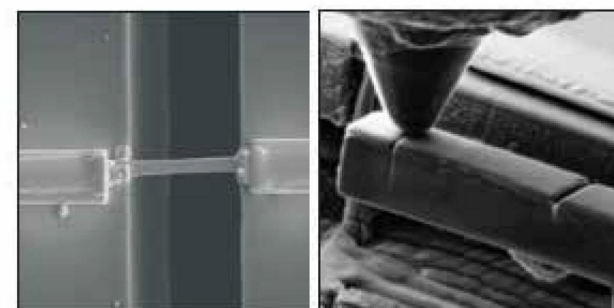
压缩

升级功能（可选）



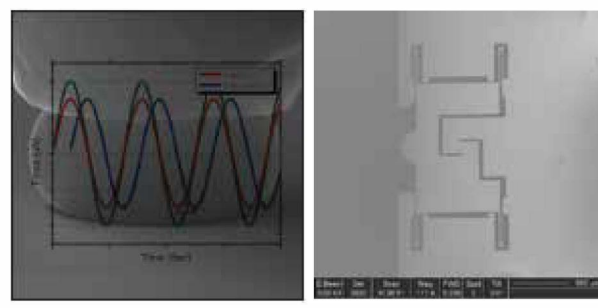
加热

电学



拉伸

弯曲



DMA

Push-to Pull

透射电镜用原位力学系统



JEOL compatible

FEI compatible

Hitachi compatible

Zeiss compatible



JEOL compatible

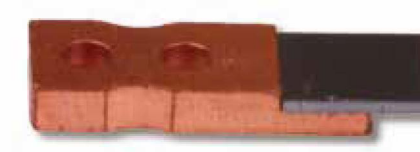


FEI/Hitachi/Zeiss compatible

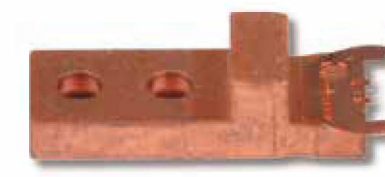
PI 95



Silicon wedge sample mount

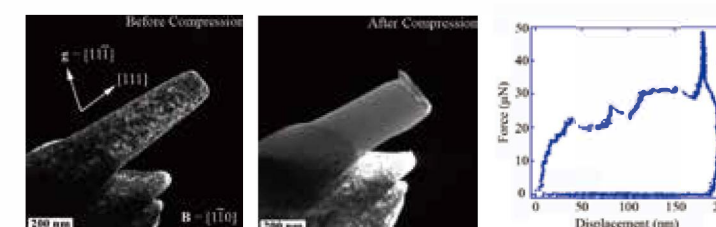


Push-to-Pull sample mount

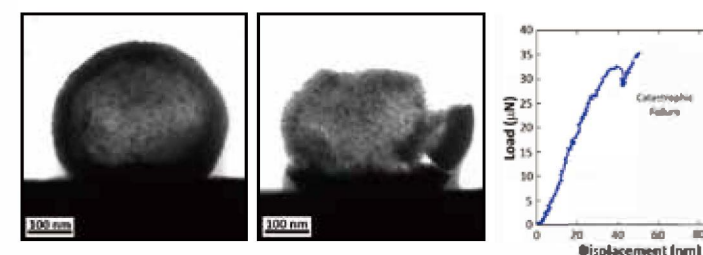


bulk sample or half-grid sample mount

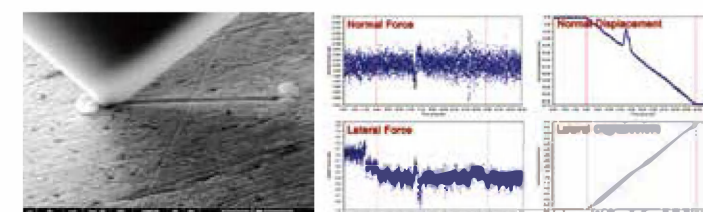
具体应用



纳米柱原位压缩前后的TEM图像及载荷-位移图



纳米粒子原位压缩前后的TEM图像及载荷-位移图



划痕的TEM图像及横纵向载荷、位移与时间图

观察现象

- 相变
- 突发位错
- 断裂发生
- 界面破坏

测试模式

- 纳米压痕
- 压缩
- 拉伸
- 弯曲
- 划痕（仅适用MEMS 传感器）

升级功能（可选）

- 加热
- 电学测试
- Push-to-Pull
- nanoDMA