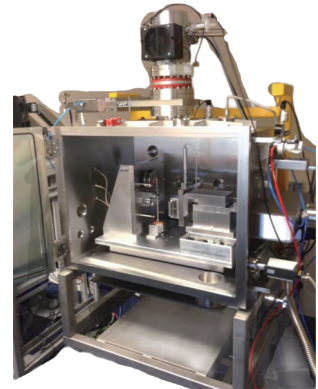


ACQTEC

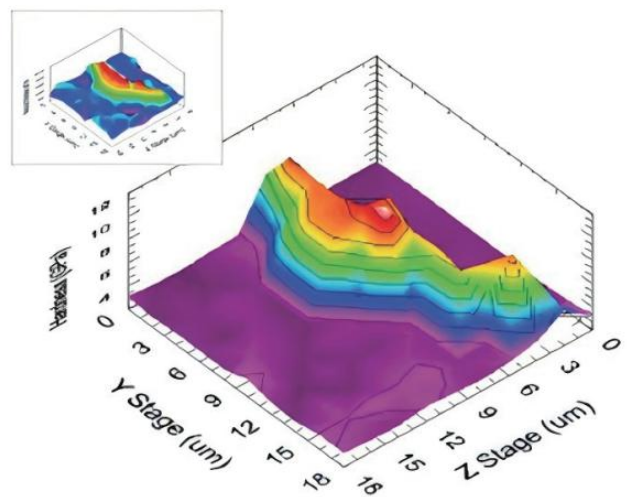
纳米力学综合测试系统

Nano Mechanics Comprehensive Test System



ACQTEC

极端环境纳米尺度力学测试解决方案



高置信度测量技术

MEASUREMENT WITH CONFIDENCE

Nanotest Vantage

极端环境纳米力学综合测试系统

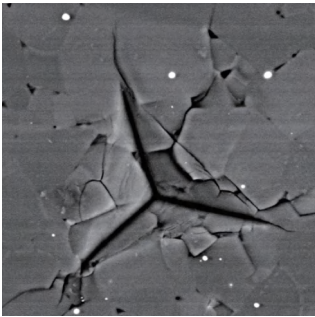


优势 特点

- ▶ 无与伦比的技术多样性
纳米压痕，纳米划痕，纳米冲击和疲劳，纳米微振，纳米磨损及其它
- ▶ 高精度多重力尺度
纳米尺度（至500mN）和微米尺度（至30N）
- ▶ 市场领先的环境能力
高温（至850°C*）、低温（至-20°C）、液体和湿度电池
- ▶ 真正的测量灵活性
动态、静态、电学和多种成像模式

NanoTest™
Vantage

Vantage旗舰系统提供了卓越的优势



Micro Materials公司的Nanotest Vantage系统在一台仪器中巧妙地结合了多种纳米力学和摩擦学测试技术，涵盖多种力尺度和多种环境，提供了当今市场上最完整、最可靠的解决方案。

全球一流大学、研究机构和工业研发实验室的科学家和工程师都依赖于模块化 NanoTest Vantage 的独特功能。

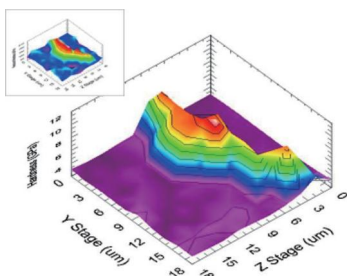
单个高分辨率测量头的测量能力高达500 mN，其优点包括提高了粗糙表面数据的可靠性、校准数据更好、减少了划痕实验中的针尖磨损，以及能够研究更厚、更坚硬的涂层。图中显示的是尖晶石的压痕诱导断裂。诱发这种裂纹需要 500 mN 的负载。

无与伦比的技术多样性

每台 NanoTest Vantage 都包括一个界面直观的先进控制器、一个带防震系统的热控环境机箱和一台多物镜光学显微镜。这种非常灵活的纳米力学测试和表征解决方案可配置为执行纳米压痕、纳米划痕、纳米冲击、纳米摩擦和纳米磨损技术。该系统完全符合 ISO 和 ASTM 标准，还可以配置纳米定位台或原子力显微镜以提供 SPM 成像。

纳米压痕模块

纳米压痕模块的设计旨在为用户提供灵敏度和载荷范围的最佳组合，以涵盖最广泛的应用和样品类型。可靠的校准程序实验规程和仪器稳定性确保可以轻松执行符合ISO14577标准的测量。高分辨率 XYZ 平台可精确定位测试位置，例如在多相材料中对特定相进行压痕测试，或进行微柱压缩和微悬臂测试。这种出色的重复定位精度与极高的热稳定性相结合的特点，使 NanoTest Vantage能够针对使用者兴趣点位的特定特征进行检测，在硬度和弹性模量的表面及深度范围内生成详细的力学性能图，并进行长时间的蠕变测试。



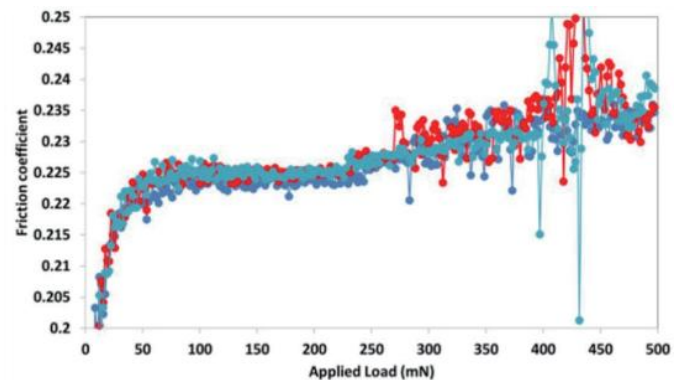
绘制高强度 Al-Mg-Zn 汽车/航空航天合金中坚硬金属间夹杂物(Al₃Cu₂Fe)的力学性能图

纳米划痕模块

纳米划痕模块的设计提供了以下方面的最佳组合:(1)宽负载范围;(2)划痕过程中的高横向刚性;(3)高摩擦灵敏度。

该模块扩展了仪器的能力，使其能够执行各种纳米技术测试，包括单次、多次划痕、磨损测试、表面轮廓测量和摩擦测量。

它特别适用于评估耐磨性和涂层失效的临界负荷，NanoTest Vantage 加载头具有很高的横向刚度，因此在测试硬涂层甚至是表面粗糙度很高的涂层时非常有效。

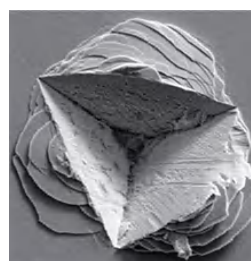


硬纳米复合涂层上重复纳米划痕测试的摩擦灵敏度和重现性。
破坏时的系数=0.223+0.002

纳米冲击和疲劳模块

纳米冲击的工作原理是在受控条件下将压头加速冲向样品表面。这种高能冲击会产生非常高的接触应变率(典型应变率:~10³-10⁴s⁻¹), 比纳米压痕中的应变率高出几个数量级。

这项专利技术可进行单次冲击和重复冲击试验，每种试验都能提供不同的数据。单次冲击可用于研究金属材料的速率敏感性和动态硬度，或聚合物和生物材料的能量阻尼。重复冲击试验用于评估抗疲劳性，最常见的是涂层的抗疲劳性。



使用 NanoTest Vantage 进行的冲击已被证明是一种有效的加速磨损测试，能够准确模拟间断接触(例如在金属切割、侵蚀磨损、汽车或航空发动机中)。

图左: 层状 Cr₂AlC MAX 相涂层的纳米冲击

纳米微振/纳米磨损模块

NanoTest 中的纳米微振/纳米磨损模块用于往复磨损和摩擦测试。通过改变磨损轨迹长度，可在同一模块上进行往复纳米磨损和真正的纳米级摩擦测试。这项技术对于研究涂层和金属材料磨损起始点非常重要。

由于 NanoTest Vantage 具有极高的稳定性，因此可以进行高循环磨损测试。这样就可以在较低的接触压力下进行测试，更能反映涂层逐渐失效而非直接失效的实际磨损情况。纳米磨损测试可用于更有效地开发耐磨性更好的材料。

高精度多重力尺度

NanoTest Vantage 可同时容纳系统的低载荷加载压头和可选的高载荷加载压头，负载范围从 0.01mN 到 30N。与其他仪器不同，因为无需对加载头进行物理更换和重新校准，该系统在此节省了时间和简化了操作。

第二个加载压头具有微压痕和微划痕功能以及其他多种微力学测量功能，可在 30 N 下进行真正的深度传感。

市场领先的环境能力

市场上没有其他能够与 NanoTest Vantage 的环境能力相媲美的纳米力学测试和表征仪器。该系统独特的高精度水平加载对于在高温条件下进行准确可靠的测试至关重要，从实质上消除了热漂移。

该仪器可配置低温选项（低至 -20°C），以实现更多的实验用途。系统还可以使用温控液体装置来对完全浸入具有恒定浮力和恒定表面张力液体中的样品进行测试。具有完全可编程湿度传感器，能实现从 10% 到 90% 的快速、稳定的湿度变化，可用于研究聚合物、生物材料和纳米复合材料的湿度敏感性。此外，研究人员还可以使用 NanoTest Vantage 在减氧/净化条件下对材料进行表征和优化。

模块化

NanoTest Vantage 是一个完全模块化的系统，用户可以根据自己的需要对系统进行配置，以后还可以扩展到更多的模块。这样，系统就能随着用户需求或研究兴趣的变化而发展。用户可以快速方便地在测试模块之间进行切换。

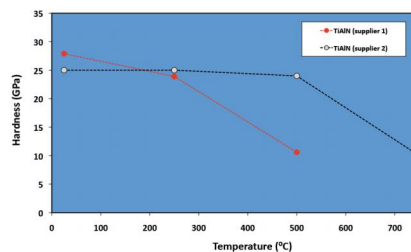
- ▶ 核心系统 - NTx 控制器、平台、软件、防震、外壳
- ▶ 主要选项 - 高温至 850 °C、液体池、低温阶段、湿度
- ▶ 装载头 - 纳米、微米或兼容
- ▶ 实验模式 - 压痕、划痕和磨损、冲击、微振
- ▶ 成像 - 光学显微镜、3D 纳米定位器、原子力显微镜

用于升温至 850°C* 纳米力学热平台

压头和样品的双主动加热、获得专利的平台设计以及获得专利的温度控制方法确保了最佳的热稳定性，在使用系统的高温选项时，可重复进行高达 850°C* 的高温测量。

由于增加了水冷装置和用于在低氧环境中进行测试的环境室，因此可以进行可靠的测量。

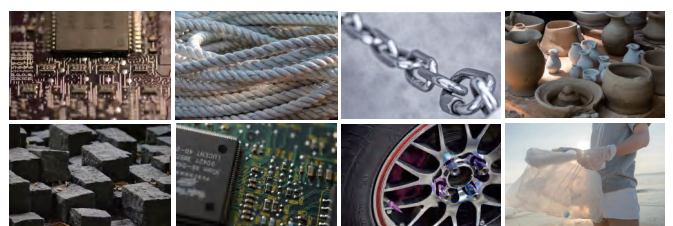
- ▶ 主动式针尖加热 压头和样品都是主动独立加热的，从而形成等温接触。
- ▶ 获得专利的针尖加热功率反馈系统 快速反应，最大限度地减少接触时的热流。
- ▶ 水平装载 NanoTest Vantage 的独特装载结构意味着装载头或深度测量传感器上不会产生热流。
- ▶ 高度局部加热 加热区周围的隔热罩和绝缘护罩确保了高温实验期间仪器的稳定性。
- ▶ 专利控制协议 使用软件例程精确匹配压头和平台温度，精度在 0.1°C 以内。
- ▶ 纳米微振/纳米磨损模块 由于在高温测量过程中不会出现明显的热漂移，因此可以进行其他系统无法进行的长时间测试(如压痕蠕变测试)。



两种不同市售 TiAlN 涂层的硬度随温度的变化。

NanoTest Vantage 是研究各种材料系统的理想工具，既可用于基础研究，也可用于工业应用，包括：

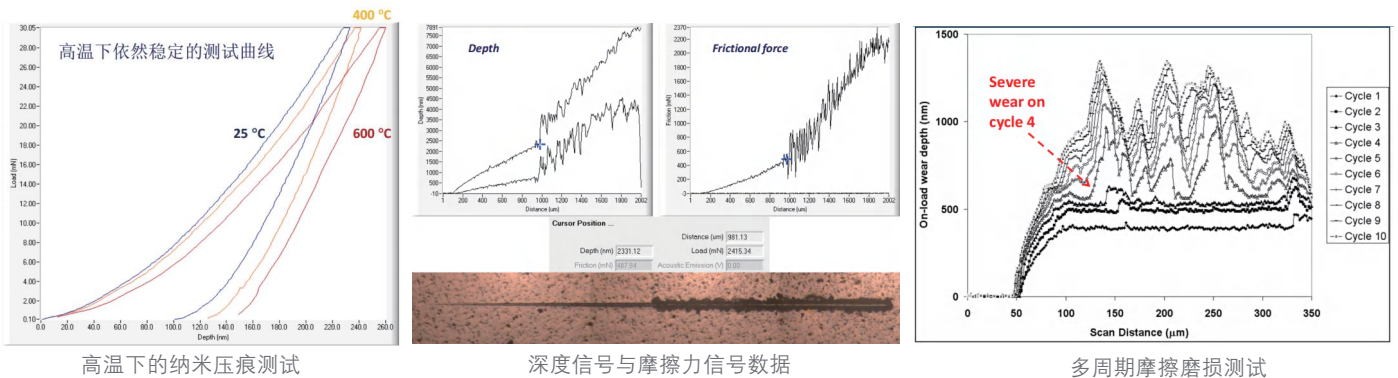
- ▶ 金属
- ▶ 硬质涂层
- ▶ 聚合物
- ▶ 薄膜
- ▶ 陶瓷
- ▶ 复合材料
- ▶ 微机电系统



技术规格

荷载框架	专为计量应用设计的花岗岩复合材料	微振模块	
标准载荷系统	500mN	微振轨道长度	≤20μm
载荷分辨率	3nN	频率	≤20Hz
位移分辨率	0.002nm	最大磨损循环次数	>10 ⁶
重新定位精度	<0.4μm	SPM纳米定位台	
可测试表面积	50mm×100mm	XY扫描面积	100μm×100μm
热漂移	<0.005nm/s	Z扫描范围	20μm
显微镜-4个物镜	x5、x10、x20和x40	定位精度	≤2nm
屏幕放大倍数	x410、x825、x1650、x3300	AFM	
符合标准	完全符合ISO14577和ASTM2546标准	XY扫描范围	110μm×110μm
划痕模块		Z扫描范围	22μm
最大摩擦力	>250mN	高温选择	
摩擦载荷分辨率	10μm	*温度	可选择500°C和850°C
最大划痕距离	>10mm	主动、独立的样品和压头加热	压头带主动加热功能
划痕速度	100nm/s至0.1mm/s	压头材料	金刚石、氮化硼、蓝宝石
冲击模块		高载荷测试系统	
加速距离	高达20μm	最大载荷	30N
接触瞬间的应变率	高达10 ⁴ s ⁻¹	荷分辨率	300μN

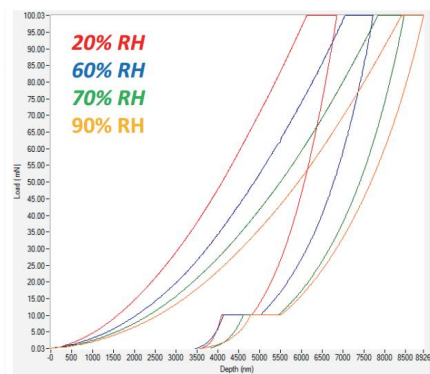
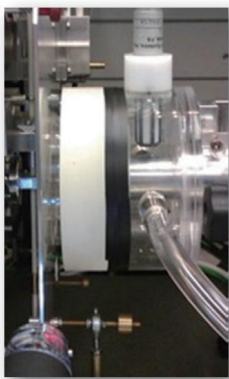
应用案例



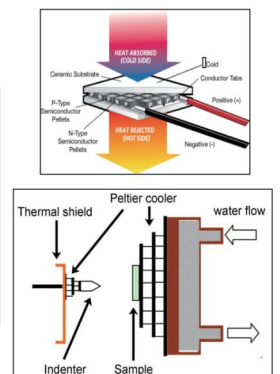
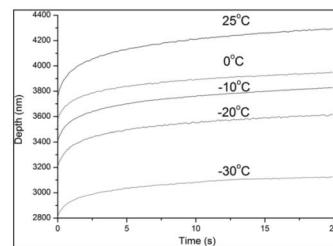
高温下的纳米压痕测试

深度信号与摩擦力信号数据

多周期摩擦磨损测试



湿度控制腔体 20%-90%的环境湿度控制



低温环境测试

Nanotest Xtreme

超高温真空纳米力学综合测试系统



优势 特点

- ▶ 在 NanoTest Vantage 提供的 850°C 高温能力基础上，将高温能力扩展至 1100°C
- ▶ 更强的低温能力，温度可达 -50°C
- ▶ 仪器设计原理与 NanoTest Vantage 中的设计原理相同，因此热漂移极低
- ▶ 综合纳米力学测试(如压痕、划痕、磨损、摩擦、冲击等)
- ▶ 能够回填气体，以适应材料操作环境

NanoTestTM
Xtreme

最适合研究极端环境影响的纳米力学测试中心

极端环境

长期以来，从环境温度或接近环境温度推断结果来预测高温和低温特性已被证明是不现实的，而且容易出错。为了提供最可靠、最准确的特性预测，测试条件必须密切模拟真实世界的环境。

Micro Materials公司已经通过 NanoTest Vantage 为研究人员提供了最全面的纳米力学测试选项，而我们的NanoTest Xtreme 现在可以让您研究前所未有的极端环境，包括：

- ▶ 航空航天发动机部件的高温
- ▶ 核反应堆包壳的辐照效应
- ▶ 用于高速加工的刀具涂层
- ▶ 低温对石油/天然气管道焊缝修复的影响
- ▶ 发电站蒸汽管道的高温



极端高温环境压痕测试

真空测试

迄今为止，纳米力学测试仪器一直受到高温氧化和零度以下冷凝/结霜的限制。真空测试(见图 1)解决了这些问题，从而扩大了测试的温度范围。

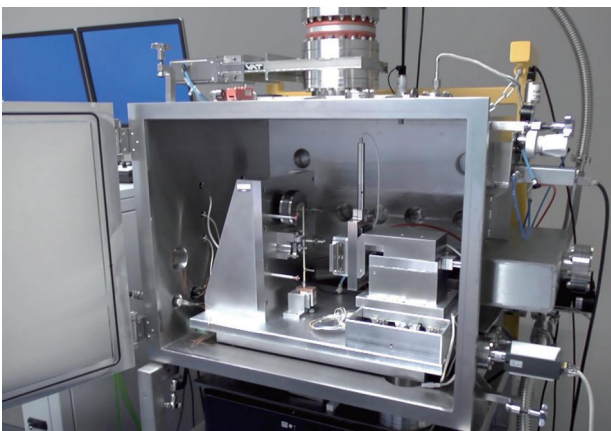


图1: 位于真空箱内的NanoTest Xtreme。

NanoTest Xtreme允许在 -50 至 1100 °C 的真空环境中进行测试，而不会使样品氧化或结霜。

测试超级合金到1000°C

纳米压痕技术非常适合进一步开发高温材料，例如涡轮叶片中保护镍基超级合金的(Ni,Co)CrAlY 键涂层。直到不久前，这些材料的工作温度都超出了纳米压痕系统的承受范围。然而，德国亚琛工业大学的科学家们通过NanoTest Xtreme 的独特设计将测试温度提高到了1000°C，并收集到有关Amdry-386 粘接涂层硬度和蠕变行为的宝贵信息。见图 2。

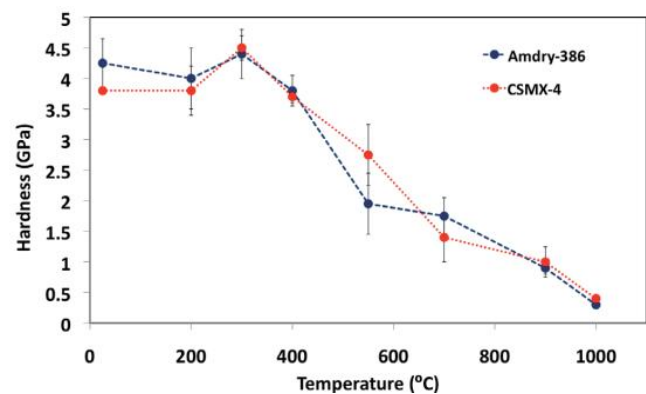
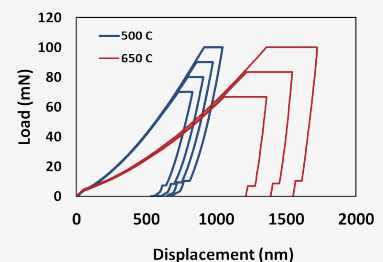


图2.亚琛工业大学的科学家们最近成为第一个在 1000 °C 下进行纳米压痕测试的小组。Amdry-386粘接涂层和超级合金基材在 25-1000 °C 范围内的硬度随温度变化的关系。

高温纳米压痕测量确认了硅的行为从脆性转变为延展性的温度，图中数据显示了在 500 °C 和 650 °C 下在各种负载下进行的压痕实验。在峰值负载保持过程中蠕变的增加以及卸载行为的变化都表明，材料中存在过渡。

在真空中对硅进行的高温纳米压痕实验



测试钨至950°C

高温纳米力学测试为在工作温度或接近工作温度的条件下鉴定高温应用材料的力学特性提供了一条便捷的途径。与室温下的测试相比，这种测试能提供更相关的特性。随着测试仪器的不断进步，高温纳米力学测试在核工业等安全关键领域的材料开发中越来越普遍。

钨及其合金被认为是核聚变反应堆中主要的面向等离子体材料。牛津大学的科学家们使用 NanoTest Xtreme 来测试多晶钨在 950°C 高真空下的力学性能。由于钨在高于 500°C 的空气中时会迅速氧化，因此在高真空环境下进行测试是至关重要的。

从 850 °C 开始可以观察到更明显的变形时效特性。通过分析压痕蠕变数据确定的应变率敏感性随温度升高而增加（见图 3）。

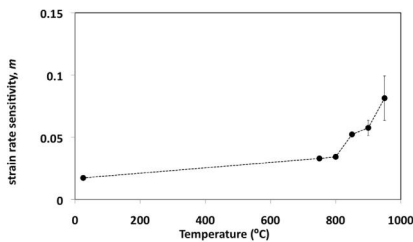
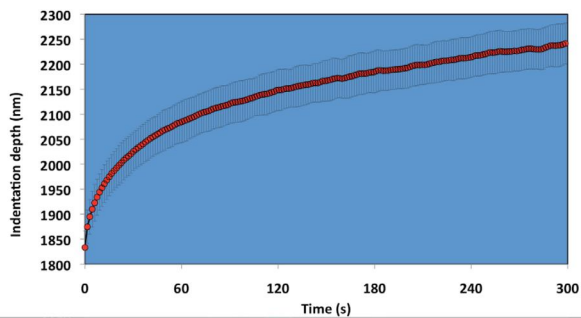


图3. 多晶钨的应变率敏感性随温度的关系。

在 750 °C 至 950 °C 的温度范围内，热漂移通常低至 0.05 nm/s，因此 NanoTest Xtreme 具有在整个温度范围内进行长时间压痕蠕变测试的稳定性（见图 4）。



高温下的最终纳米定位

NanoTest Xtreme 的局部加热设计使仪器的其他部分仅比室温高几度。这种设计的一个主要优点是，SPM 纳米定位台（热台旁边）可以在整个温度范围内使用。在高温下获取的图像能够在温度下进行精确的压痕定位，或针对特定特征，如用于微压缩测试的支柱或用于微尺度弯曲实验的悬臂。

牛津大学材料系的研究人员使用 NanoTest Xtreme 在高达 770 °C 的温度下用立方氮化硼压头对微米级悬臂进行弯曲测试（见图 5）。

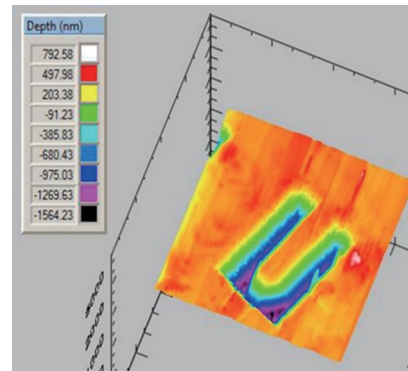
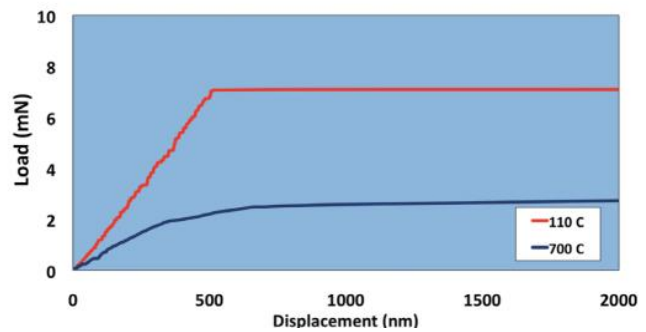


图5: 微型悬臂 FIB 温度下铣削在硅上的图像。该图像是在 700 °C 温度下使用集成 SPM 纳米定位台采集的。图中显示了在高于和低于脆性延展性转变温度下进行的微悬臂测试示例。

采用独立的压头和样品加热，以确保等温接触，从而消除热漂移。使用 SPM 纳米定位台的高温图像来定位压头和进行微悬臂弯曲测试。通过这些测试，可以确定与温度相关的模量、屈服应力和断裂行为，并研究延展性随温度升高而产生的差异。

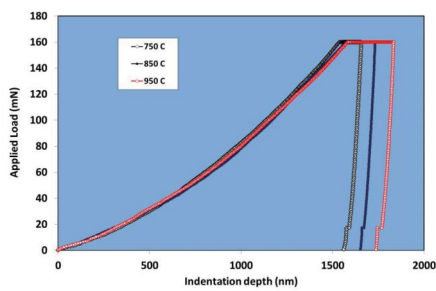
主要功能

- ▶ 500mN 加载压头真空条件下的最高测试温度：1100°C
- ▶ 30N 加载压头真空条件下的最高测试温度：1000°C
- ▶ 真空条件下的最低测试温度：-50°C
- ▶ 极限真空度：10⁻⁷mbar
- ▶ 与真空条件下的所有标准纳米测试技术(纳米压痕、纳米划痕、纳米磨损纳米冲击、纳米微振)兼容
- ▶ 可选配第二套高载荷加载系统，将最大载荷从 500mN 增加到 30N
- ▶ 在非空气环境中进行测试的气体回充功能
- ▶ 高分辨率光学显微镜
- ▶ 可选配 SPM 成像/纳米定位平台，该平台可在整个温度范围内使用

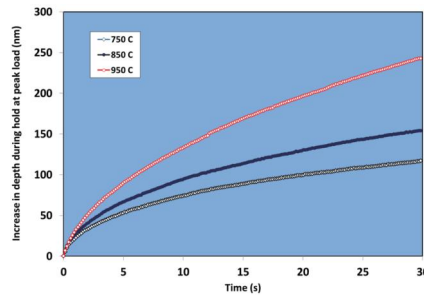
技术规格

荷载框架	高度抛光的铝材, 可快速脱气	低温测试	
标准载荷测试系统	500mN	最低温度	-50°C
高载荷测试系统	30N	SPM纳米定位台	
载荷分辨率	3nN	扫描面积	100μm×100μm
位移分辨率	0.002nm	XY定位精度	2nm
重新定位精度	<0.4μm	真空	
热漂移	<0.005nm/s	真空运行形式	真空或气体吹扫
高温测试		真空度	极限值 10^{-7} (典型 10^{-6}) mbar
最高温度	1100°C	选项	
压头尖端加热	压头带主动加热功能		纳米划痕、纳米磨损、纳米冲击、动态硬度
温度精度	<0.1°C		

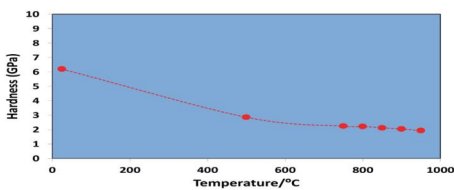
应用案例



750-950 °C经典纳米压痕数据



750-950 °C经典蠕变数据



0-1000 °C纳米压痕硬度数据

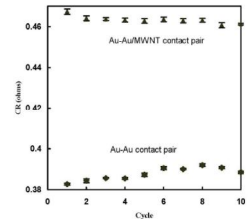
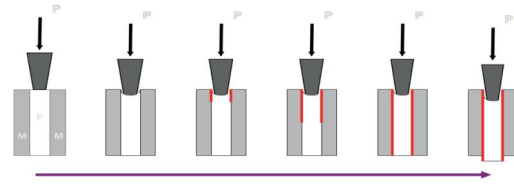


图4: Au-Au和Au-Au/MWNT接触对的循环接触电阻

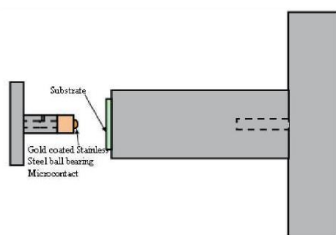


图1: 改良纳米压头示意图

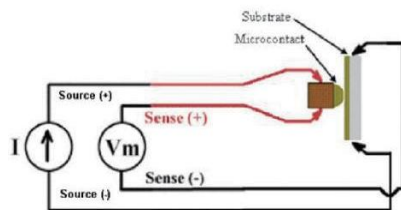


图2: 接触区及其电极和 CR 测量示意图
电力耦合分析模块 (图1-图4)

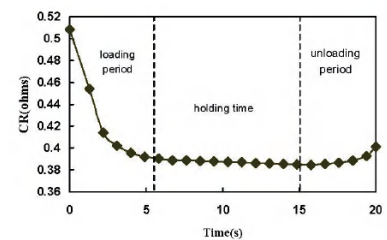


图3: Au-Au接触对的一个负载曲线示例

研索仪器科技（上海）有限公司

上海市胜利路1680号联东U谷青浦国际企业港

<https://www.acqtec.com>

<https://www.acqtec.com.cn>

info@acqtec.com

400-050-5810