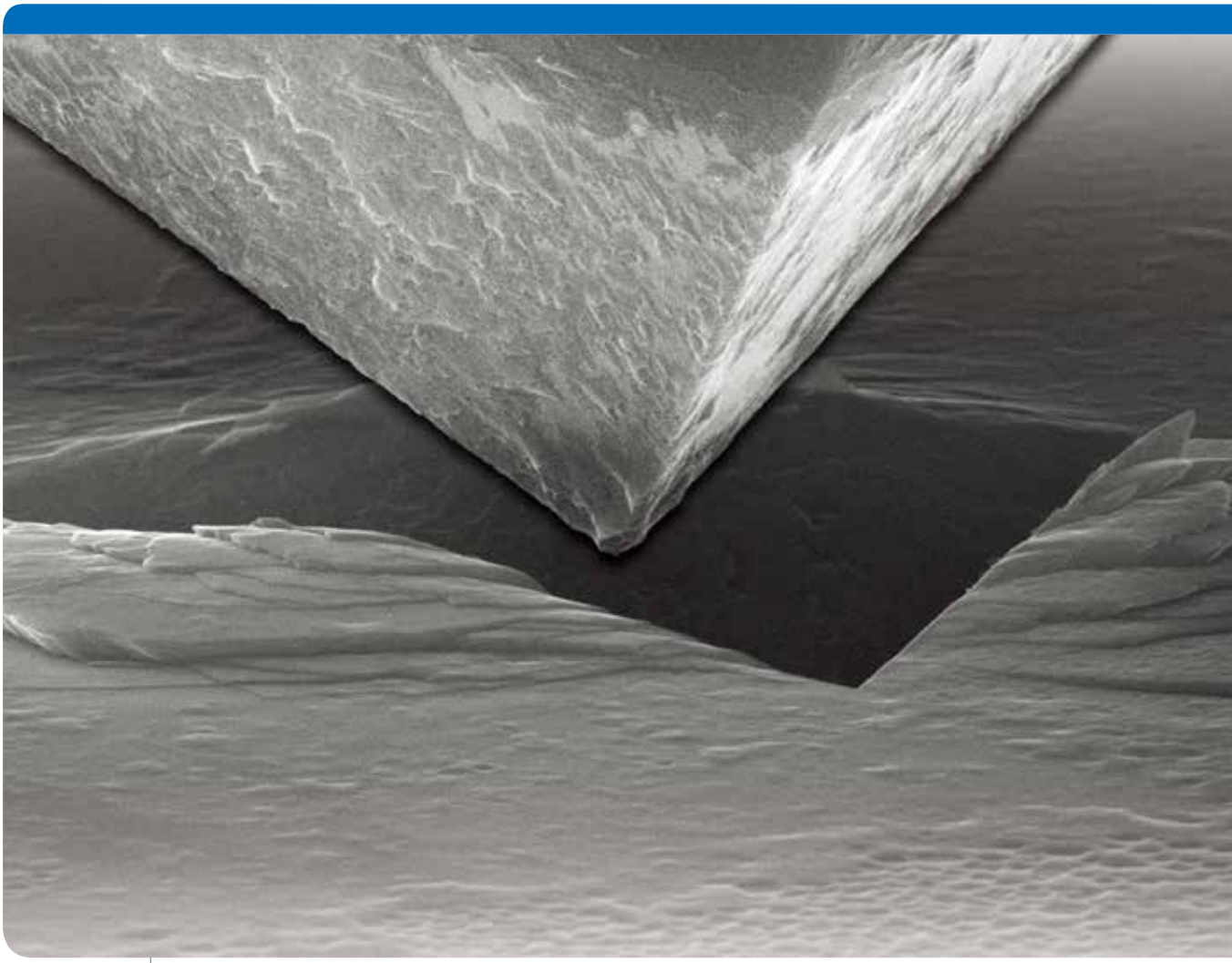
VERDE 上海尔迪仪器科技有限公司 Shanghai Verde Instrument Technology co., Ltd

BRUKER



# Hysitron PI 系列 PicoIndenters

- 您SEM或TEM中的原位定量纳米力学

Innovation with Integrity

Tribology & Mechanical Testing

# Hysitron PI 系列
## 原位定量纳米力学

作为纳米力学测试系统的全球领导者，布鲁克的Hysitron PI系列—PicoIndenter，使您可以在您的电镜中轻松实现原位力学实验。我们独特的传感器设计使得在整个实验中有无可比拟的稳定性，保证即使在纳米级别亦能获取精准数据。电镜的视频捕获功能可实现实时监控，并可与力学数据实现同步。配合在用的许多电镜品牌而设计，您肯定可以找到一款满足您研究所需的理想解决方案。

### Hysitron PI 85L SEM PicoIndenter
多用途原位力学测试平台

- 直接在SEM 工作台上安装，操作简单，超级稳定
- 为最大的样品倾斜灵活度和最短的工作距离而设计
- 提供一种精巧设计，可满足各类SEM，拉曼和光学显微镜，以及各类束线等

### Hysitron PI 88 SEM PicoIndenter
SEM和FIB/SEM的理想搭配

- 真正实现直接观察条件下的定量纳米力学表征
- 高级的XYZ方向样品定位，配合可选倾斜和旋转样品台
- 模块化设计，可搭载全套测试技术，包括800°C热台，划痕，扩展量程的传感器，电学偏压等等

### Hysitron PI 95 TEM PicoIndenter
在您TEM中实现定量纳米力学测试

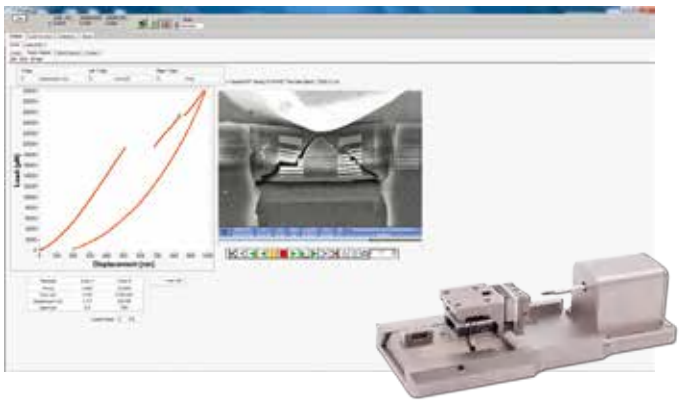
- 第一套为TEM设计的最完备的深度传感压头
- 测试模式包含压入、压缩、拉伸、弯曲和划痕
- 特别为主流TEM型号(FEI, Hitachi, JEOL,Zeiss)而设计，实现完美互动

# 轻松搭载定量纳米力学测试

## 深入了解纳米尺度下的力学性能

在您实验室已有的熟知仪器上获取力学数据。
在您电镜上扩展如下功能，包括:

- 纳米压痕
- 微悬臂弯曲
- 微柱或微颗粒压缩
- 拉伸测试
- 纳米划痕



与电镜实时成像相配合，上述测试使您可以从纳米到微米尺度直接观察缺陷、机械应变和温度或电学信号对工程材料性能、寿命和耐久性的影响。

## 整个实验过程中始终如一的稳定性

布鲁克的原位解决方案专为电镜环境下的出众性能而设计。真空相容性、检测器定位和机架柔度等相关因素均被严格考虑。我们专属的传感器技术确保实验过程中精细纳米力学测量所需的灵敏度和稳定性，而数位控制器提供了超快的反馈和数据采集率。因而应力诱发变形过程之前、之中和之后都得以高速捕获加以分析。

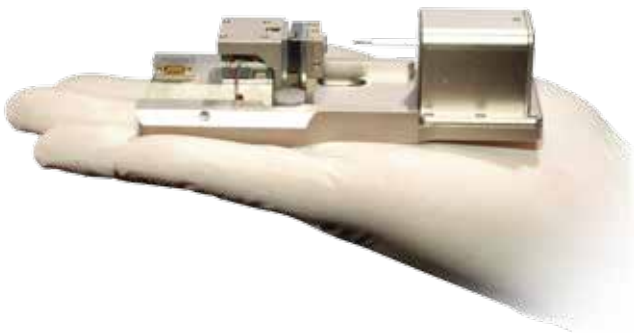
SEM真空腔中的Hysitron PI 85L

## 您SEM中的原位纳米力学

# Hysitron PI 85L SEM PicoIndenter

### 多用途原位力学测试平台

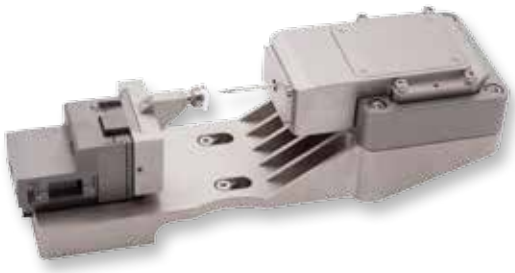
Hysitron PI 85L作为新一代专门的原位纳米力学测试仪器，为SEM 中使用而设计但同时可适用于其他多种平台和环境中。布鲁克的电容传感器配合一套极高速反馈频率（78 kHz ）的控制系统，Picoindenter在纳米尺度为您提供优越性能和超级稳定的测试。这样一套设计精巧的系统特别适合于比较小腔的SEM，拉曼和光学显微镜，以及各类束线等。



# Hysitron PI 88 SEM PicoIndenter

### SEM和FIB/SEM的理想搭配

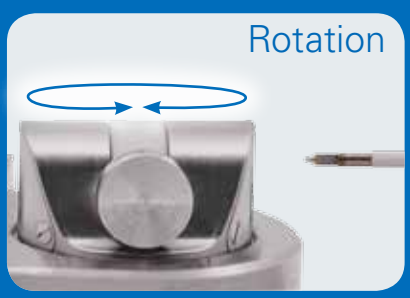
Hysitron PI 88是布鲁克公司用于SEM和FIB/SEM中的原位纳米力学测量的全方位解决方案。基于布鲁克领先的电容传感技术，Hysitron PI 88为研究人员提供了一套功能完备灵活、性能超比寻常的高级仪器。模块化设计使得其在此刻或将来可搭载我们全套测试技术，包括800℃热台，划痕测试，五轴样品定位，动态疲劳测试，以及可互换的扩展量程的传感器(500 mN, 150 µm)，等等。

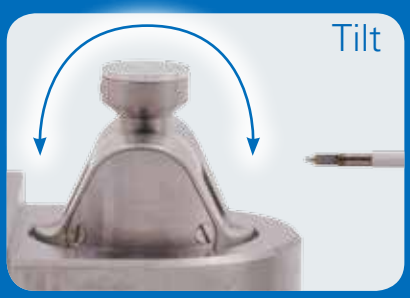


#### 稳定性和精准度

Hysitron PI 88配备一套真空适用的布鲁克纳米尺度传感器和导电金刚石压头。通过传感器中的静电力施以载荷，电容记录位移。低电流设计带来的超低温漂保证了前所未有的灵敏度。与传感器配合的是一套在XYZ 三轴方向均>8mm的高级样品定位载台，可实现在较大样品上超好的横向精度以及线性和灵活定位。在这一简洁平台上机械集成的载台和传感器为使用者提供了纳米力学测试所需的稳定、刚性的基础。

**Hysitron PI 88 提供**
**三轴 (X,Y, Z)或**
**五轴(X,Y,Z,倾斜，旋转)**
**的样品定位**



## 您TEM中的原位纳米力学

# Hysitron PI 95 TEM PicoIndenter

## 在您TEM中实现定量纳米力学测试

布鲁克的Hysitron PI 95是第一套为TEM设计的最完备的深度传感压头，可以在透射电镜中直接观察纳米力学测量过程。通过这一斜插仪器，不仅可以实现观察监控材料在纳米尺度的力学响应，而且实时获取载荷-位移曲线数据。此外，通过视频接口，可以实现载荷-位移曲线与对应透射电镜视频在时序上的完全同步。

### 实验控制

在TEM中配合纳米力学测量系统使得研究者可以由因及果的决定某些实验参量，如化学组分中的变量或试样中预先存在的缺陷等。除成像外，选区衍射可以用来判断样品取向和加载方向。从而，在原位力学测试其形变现象时实时观测而无需等待事后。两种高清技术的结合可呈现两个世界，臻于完美。

**Hysitron PI 95专为配合主流TEM型号而设计。**
(FEI, Hitachi, JEOL, Zeiss)

### 无与伦比的性能

Hysitron PI 95使用三种层级的压头定位和力学测试。除三轴粗定位和一个三维压电陶瓷驱动的精细定位外，它还配备有一套静电驱动和电容位移感知的传感器。目前有两种传感器供选择：一套专利设计小型化的传感器(仅供JEOL系统使用)和一套专利设计的MEMS传感器。通过这些传感器，可原位采集定量化的载荷-位移曲线。

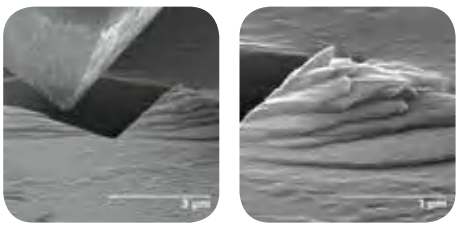
与其他依靠开环、压电控制和系列加载的压入机制不同，Hysitron PI 95 传感器提供精准的深度感知能力，而前者不可避免的在载荷-位移曲线中引入某些假象。而由于布鲁克传感器的静电驱动特性，可实现持续施加较大载荷而不必担心损失其灵敏度。

适用于JEOL，前部

搭载MEMS，适用于FEI/Hitachi/Zeiss，前部

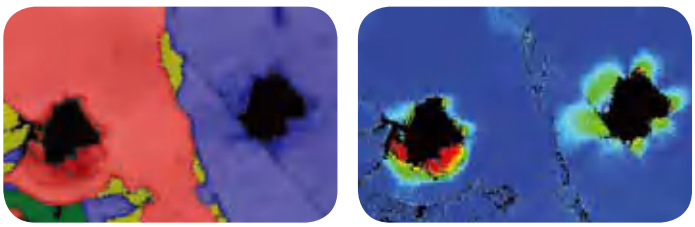
# Hysitron PI系列测试模式

## 纳米压痕



形变实时观测

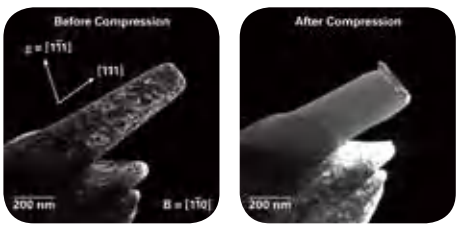
旨在精准定位，进行硬度、弹性模量的试验，同时观测材料变形过程。



纳米压痕与EBSD（电子背散射衍射）结合

与这一高空间分辨技术的结合可对金属和合金的全微区结构进行表征。通过测量单颗晶粒的硬度和模量，结合到EBSD图谱来关联取向与力学性能的关系。

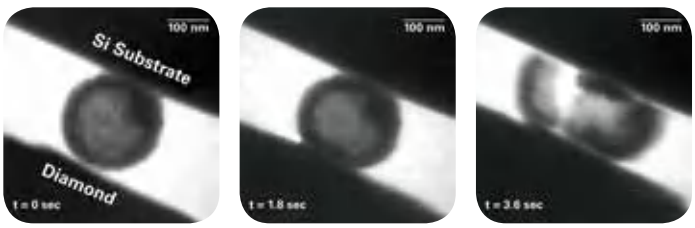
## 微柱和颗粒的压缩




纳米微柱

观察压缩对材料内位错的影响以测量屈服强度，来帮助预测材料性能。

*Nature Materials* 7, 115-119 (2007)




颗粒

通过SEM或TEM图像确认压头准确对中和试验结果，获取纳米和微米颗粒的尺寸与强度关系的定量数据，为其将来在工程材料中作为构件使用提供依据。

## 悬臂梁和微臂弯曲

界面断裂韧性

简化界面模型来直接观察、测量和分析失效机制。统一的样品几何使其适合与分子动力学（MD）和有限元模型(FEM)模拟进行对比。

多层器件中失效预测

在多层微壁，复合或多相结构上施加弯曲应力来发现初始失效位置，并且观察破坏在材料中与界面上行进的进程。

Vanstreels, et. al., *Applied Physics Letters* 105, 213102 (2014)

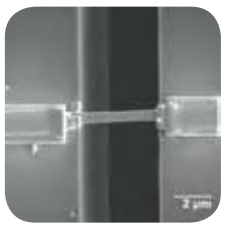
# 探测、弯曲、施加应力、测量

## 拉伸试验

定量直接拉伸

测量拉伸性能，观察位错萌生、钉扎、与缺陷交互作用和其他变形机制。

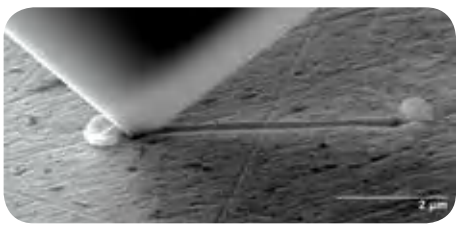
D. Kiener, et. al., *NanoLetters* 11, 9 (2011)



一维和二维材料

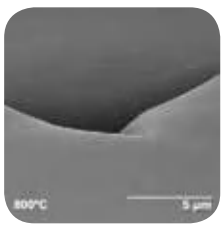
将纳米线和悬空薄膜置于经MEMS制备的压转拉装置中进行测试。在显微镜中测量计算，直接得到真实应力应变值。

## 纳米划痕



原位摩擦可观测到在滑动界面发生的变形过程。可测量摩擦特性同时直接观察磨损演化过程。

## 加热

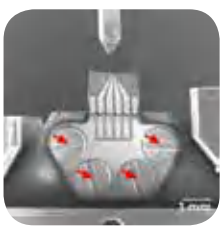


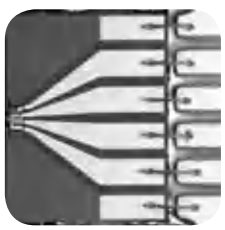
增加加热功能可对温度所致材料变形进行直接测量和观察，非常适合模拟在极端条件下的材料耐受性测试。

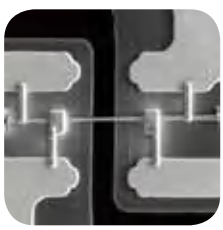
## 动态

施以振荡力来连续测量随深度与频率变化的材料粘弹性和疲劳性能。

## 电学







增加此功能可以实现在纳米压入、压缩或拉伸加载时同步测量电学和力学特性，从而理解材料或器件电学性能变化的起因。

## SEM PicoIndenter 规格

| 特性 | **Hysitron PI 85L** | **Hysitron PI 88** |
|---|---|---|
| 最大载荷 | 10 mN / 30 mN | 10 mN / 500 mN (可选) |
| 载荷噪音 | <0.4 µN | <0.4 µN / <5 µN |
| 最大位移 | 5 µm | 5 µm / 150 µm |
| 位移噪音 | <1 nm | <1 nm |
| 反馈控制速率 | 78 kHz | 78 kHz |
| 最大数据采样率 | 39 kHz | 39 kHz |
| 样品定位范围XYZ | >3 mm | >8 mm |

## TEM PicoIndenter 规格

| 特性 | **Hysitron PI 95**<br>**FEI / Hitachi / Zeiss TEMs** | **Hysitron PI 95**<br>**仅适合于JEOL TEM** |
|---|---|---|
| 最大载荷 | 1 mN | 1.5 mN |
| 载荷噪音 | <0.2 µN | <0.2 µN |
| 最大位移 | 1 µm | 4 µm |
| 位移噪音 | <1 nm | <1 nm |
| 反馈控制速率 | 78 kHz | 78 kHz |
| 最大数据采样率 | 39 kHz | 39 kHz |
| 样品精确定位XYZ移动范围 | 50 µm / 50 µm / 3 µm | 50 µm / 50 µm / 3 µm |
| 样品精确定位XYZ移动精度 | 2 nm / 2 nm / 0.1 nm | 2 nm / 2 nm / 0.1 nm |
| 样品粗定位XYZ移动范围 | 750 µm / 750 µm / 5000 µm | 750 µm / 750 µm / 5000 µm |

上海尔迪仪器科技有限公司
Shanghai Verde Instrument Technology co., Ltd
布鲁克授权代理商
上海市闵行中春路7001号明谷科技园C座1003室 201101
021- 6221 1270 400-921-5966
info@verdegroup.cn
www.verdegroup.cn
企业微信号 微信公众号

Bruker Nano Surfaces Division is continually improving its products and reserves the right to change specifications without notice. Hysitron and PicoIndenter are trademarks of Bruker Corporation. All other trademarks are the property of their respective companies. © 2017 Bruker Corporation. All rights reserved. B1502 Rev.A0