

## PB1000 微纳米力学综合测试系统



### 一、 仪器名称及型号

- 》 仪器名称：微纳米力学综合测试系统
- 》 仪器型号：PB1000
- 》 制造厂商：美国 NANOVEA 仪器公司

### 二、 仪器用途

- 》 进行微纳米尺度下材料的力学性能的测试与研究，包含材料的硬度、划痕硬度、弹性模量、蠕变、断裂韧度、粘弹性、薄膜与基底结合力、划痕硬度、摩擦系数，磨损率等力学行为的研究。
- 》 进行微纳米尺度下材料的微观形貌结构的研究。
- 》 评价材料制备工艺条件和服役性能。

### 三、 应用领域

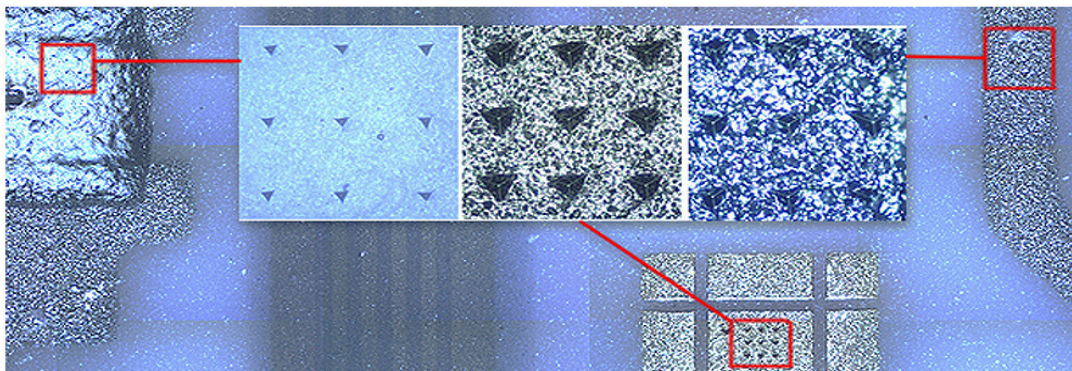
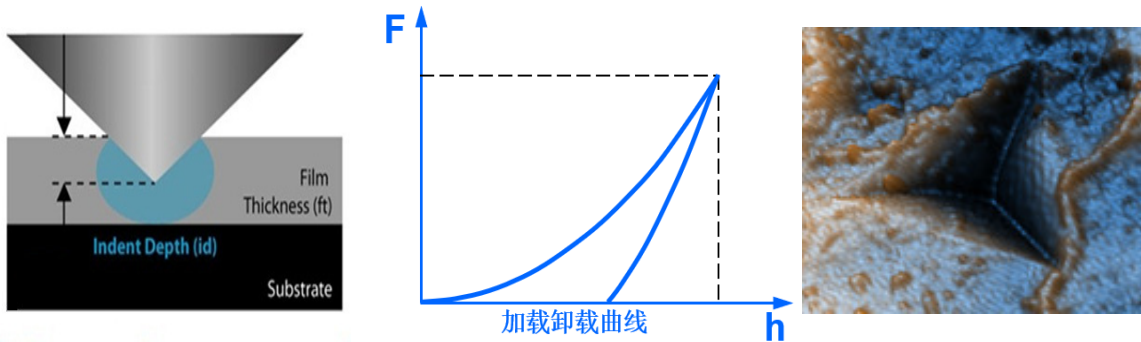
- 》 薄膜及超薄膜(金属膜、陶瓷膜、Low k 膜、多层复合膜等)
- 》 复合材料(树脂基、陶瓷基、金属基、纤维增强材料表面及界面等)
- 》 聚合物 (共混物、共聚物等)

- 》 生物及仿生材料(细胞、骨组织、血管、牙齿、支架等)
- 》 金属及合金(晶面/晶界/组织相、金属玻璃、稀土等)
- 》 MEMS (微悬臂、微镜、微泵等)
- 》 电子及半导体(硅片、蓝宝石、硬脆及软脆材料等)

#### 四、 仪器功能：

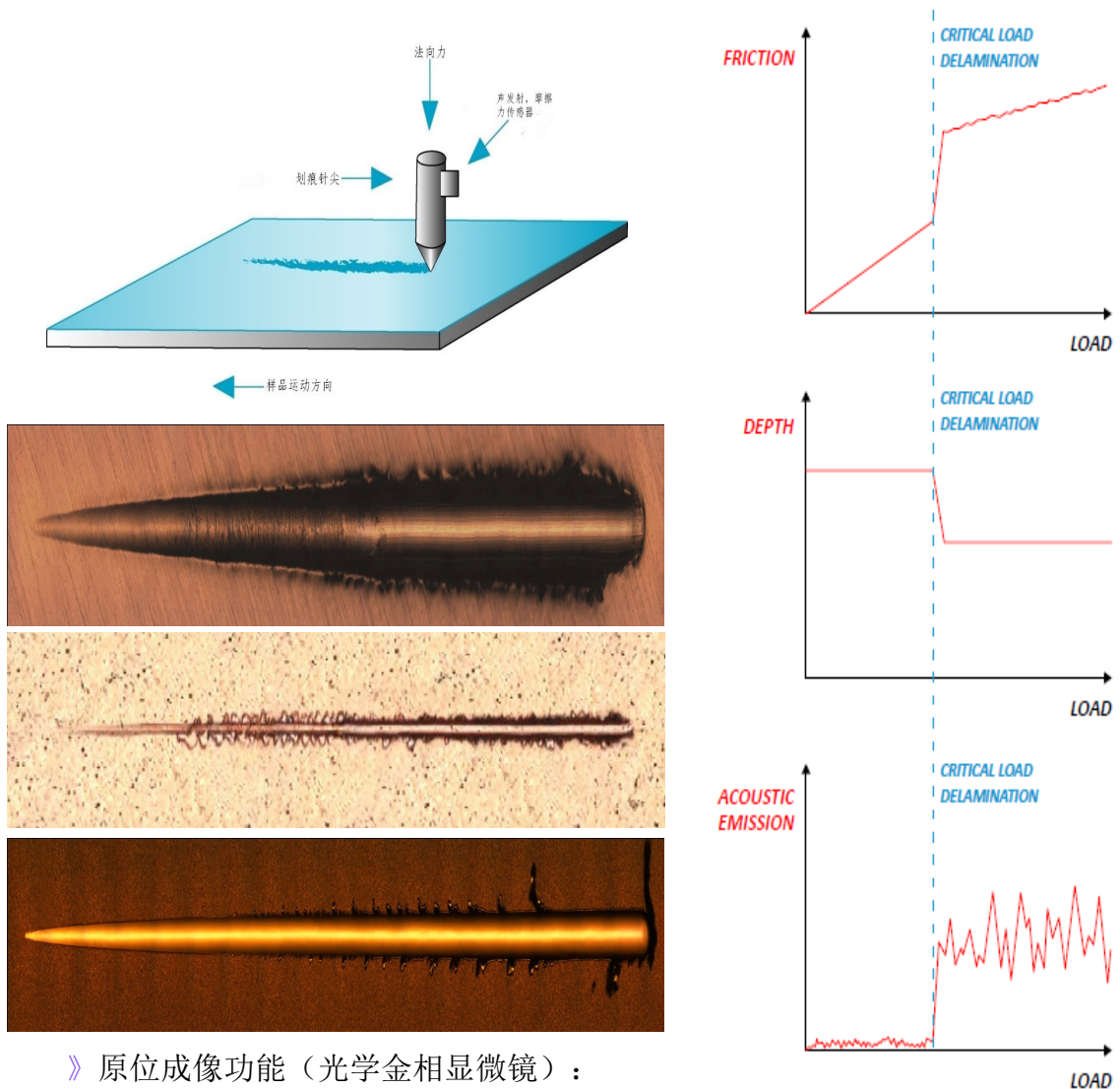
- 》 微纳米压痕测试：

主要通过测压入载荷与压入深度的曲线自动获得材料的硬度、杨氏模量，进而可进行断裂刚度、蠕变性能、弹塑性能、应力释放、粘弹性能等力学参数的评价。



- 》 微纳米划痕/摩擦测试：

主要通过测量临界载荷界定涂层薄膜与基底的结合强度、涂层失效形式，薄膜的抗划痕强度与基底的变形尺度，测摩擦系数等力学性能。同时可自动计算划痕硬度。



》原位成像功能（光学金相显微镜）：

主要通过仪器自带的光学金相显微镜系统（放大倍数最大为4000倍）自动采集压痕、划痕与摩擦磨损的图像。

》AFM原子力显微镜三维扫描成像：

高分辨率的原子力显微镜主要用于压痕、划痕及摩擦磨损后的三维形貌与微结构的表征。

## 五、 仪器配置：

PB1000系统主要包括：电容深度传感器、精密定位平台、纳米测试模块，微米测试模块，大载荷测试模块，光学变焦显微镜、防震台和隔声罩、压痕测试软件、划痕测试软件、摩擦测试软件、计算机、标准样品、金刚石压头，金刚石划头，摩擦钢球，三维形貌仪，原子力显微镜等。

## 六、 主要技术参数:

### 1、 纳米压痕仪:

- 》 静态加载模式最大加载载荷: 80mN /400mN/1800mN/4800mN
- 》 动态加载模式DMA:0.1-100Hz
- 》 载荷分辨率: 3nN
- 》 可实现的最小载荷: 0.1mN
- 》 加载速率: 0.04-12000mN/min
- 》 最大压入深度 (电容传感器): 250 $\mu$ m/1mm
- 》 位移分辨率: 0.0003nm
- 》 快速压痕功能: 做100个mapping点只需5分钟
- 》 热飘逸<0.05nm/s(室温条件下)
- 》 CSM连续刚度测试: 可获得不同深度下的硬度与弹性模量数据

### 2、 纳米划痕/摩擦仪:

- 》 划痕正向力最大载荷: 80mN /400mN/1800mN/4800mN
- 》 载荷分辨率: 3nN
- 》 划痕正向力最小载荷: 0.1mN
- 》 最大划痕深度: 250 $\mu$ m/1mm
- 》 最大划痕长度: 50mm
- 》 划痕速度: 0.05-600mm/min
- 》 位移分辨率: 0.0003nm
- 》 最大磨损深度: 250 $\mu$ m/1mm
- 》 深度分辨率: 0.0003nm
- 》 最大摩擦力: 400mN/1800mN
- 》 摩擦力分辨率: 7 $\mu$ N

### 3、 微米 (大载荷) 压痕仪:

- 》 最大加载载荷: 40N/200N
- 》 载荷分辨率: 2.4  $\mu$  N /12  $\mu$  N
- 》 载荷噪声水平 (RMS): 0.1mN/0.5mN
- 》 可实现的最小载荷: 2mN/10mN



- 》加载速率：0.01-500N/min / 0.05-1000N/min
- 》快速压痕功能：做100个mapping点只需12分钟
- 》深度范围（电容式传感器）：1mm
- 》深度分辨率：0.01nm
- 》深度分噪声水平（RMS）：0.5nm

#### 4、微米（大载荷）划痕/摩擦仪：

- 》划痕正向力最大载荷：40N/200 N
- 》划痕正向力最小载荷：2mN/10mN
- 》最大划痕深度：1mm
- 》深度分辨率：0.01nm
- 》深度分噪声水平（RMS）：0.5nm
- 》最大划痕长度：50mm
- 》划痕速度：0.1-1200mm/min
- 》最大摩擦力：20N/200N
- 》摩擦力分辨率：1.3mN/13mN

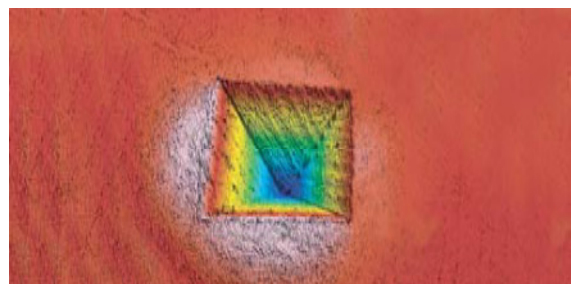
#### 5、精密定位平台：

- 》XY 方向移动范围：150mm\*150mm
- 》Z 方向允许的最大样品空间：150mm
- 》工作台 XY 方向定位分辨率：10nm
- 》工作台 XY 方向定位精度：250nm
- 》Z 方向可自动移动移动范围：50mm

#### 6、光学金相显微镜成像系统：

- 》物镜的放大倍率分别为：5X，10X，20X，50X，1000X
- 》总的放大倍率分别为：400X，800X，1600X，4000X，8000X，

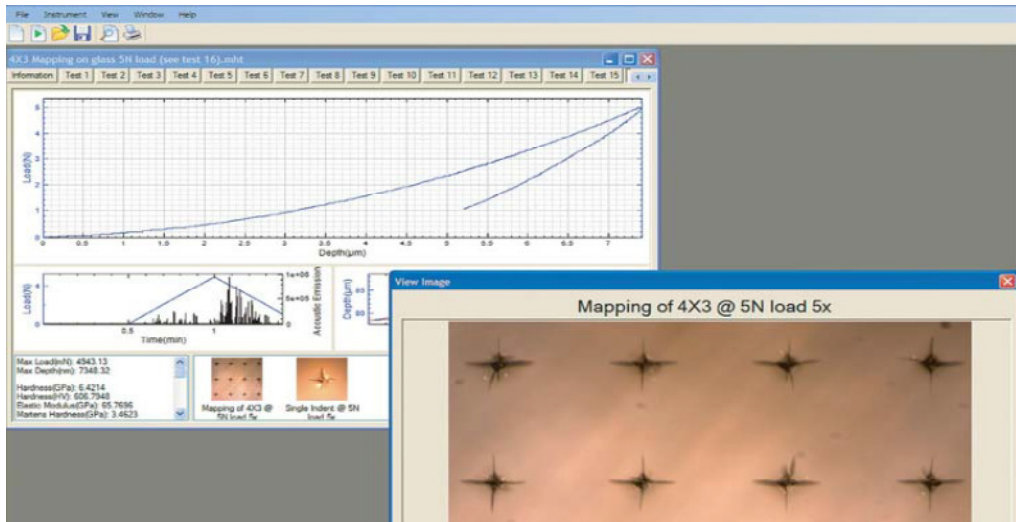
#### 7、原子力显微镜AFM的技术参数（高分辨率）：



- 》XYZ方向最大扫描范围：110 $\mu$ m X110 $\mu$ m X22 $\mu$ m
- 》XY方向移动分辨率：1.7nm
- 》噪声条件下Z方向的测量分辨率（RMS）:0.3nm

## 七、软件功能：

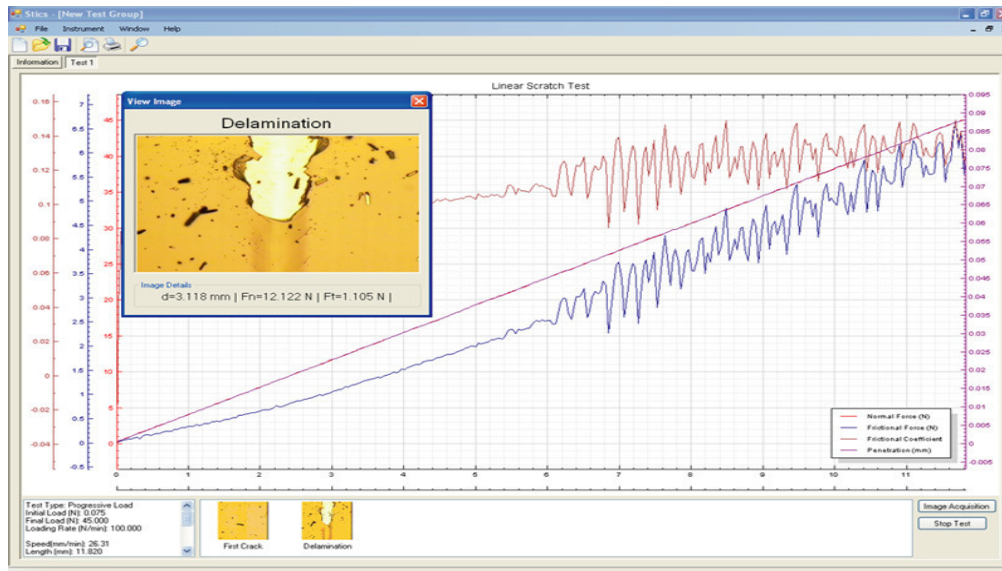
### 1、压痕分析软件：



- 》用户友好的工作界面
- 》加载参数可控
- 》适时显示压痕深度-载荷的曲线
- 》能自动计算硬度值、杨氏模量
- 》自动计算测量数据的平均值与误差
- 》粘弹特性分析测试（Sinus mode Analysis: 20Hz）
- 》蠕变性能测试
- 》应力-应变曲线测试
- 》流动应力测试（Flow Stress）
- 》弹塑性能测试（Plastic and elastic energy）
- 》可测得随压入深度不同而变化的硬度曲线和模量曲线
- 》可用于断裂韧度测试
- 》利用显示显微镜自动采集数据的压痕图片
- 》精确定位功能
- 》任意多个压痕曲线同时显示

- 》 压痕光学图像或其它图像可以和压痕曲线一一对应并存储
- 》 支持Windows™ XP操作系统
- 》 可将所有测试数据输出到纯文本txt格式；

## 2、划痕摩擦测试分析软件：



- 》 实时记录正向力随划痕距离的变化
- 》 具有往复划痕扫描模式
- 》 全自动多路径划痕测试模式
- 》 具有恒力划痕模式与渐变力划痕模式
- 》 所有测量参数可控：划痕长度、速度、加载速率等
- 》 全景成像模式：使用摄像机可以完成划痕图像的大范围拼接
- 》 划痕的光学图像与位置一一对应
- 》 光标移动任意划痕位置，可得到加载载荷、划痕深度数值
- 》 可自动记录临界载荷与对应点的位置，同时显示划痕深度
- 》 在观察整个样品表面的情况下，使用计算机控制位移台进行定位
- 》 可自动计算划痕硬度
- 》 实时显示摩擦系数、摩擦力、摩擦深度及正向载荷
- 》 可计算磨损率
- 》 可显示摩擦系数的最值与平均值

## 七、技术特点:

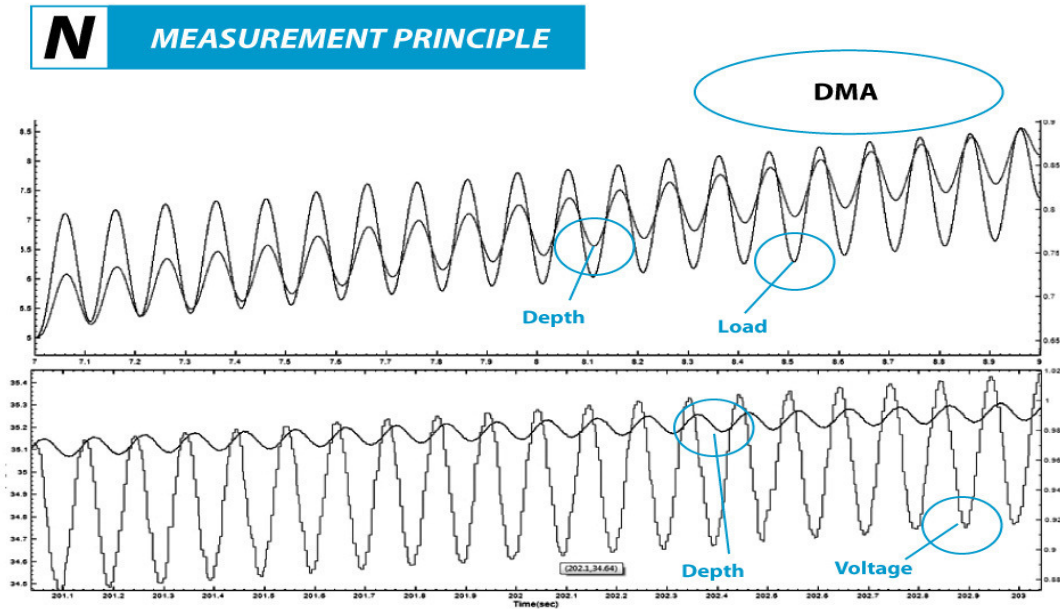
- 》 **模块化设计:** 可在一台仪器上实现超高精度的纳米压痕测试、纳米划痕测试、微米压痕测试、微米划痕测试, 微纳米摩擦磨损多种功能, 成本大大降低。
- 》 压痕测试完全符合国际 ISO14577 与美国 ASTM E2546 标准, 划痕测试完全符合 ISO 20502、1518、ASTM D7027、D1624、D7187、C171 标准。
- 》 **载荷加载系统:** 采用闭环载荷加载垂直加载, 准确性远远优于传统的开环载荷加载技术及悬臂加载技术, 可保证施加载荷的精准性。
- 》 **载荷驱动方式:** 高精度压电陶瓷驱动, 精度远远优于电磁力驱动。
- 》 **NANOVEA 专利技术 (专利号: EP0663068 A1 1995)** 高精度电容式传感器来能够保证系统够实现高精度的测量可保证压入深度与划入深度实时测量!!!!。
- 》 采用 **encoder** 高精度光栅尺样品台, 定位精度可达 **250nm** 以内。



- 》 **独特的热飘逸控制技术:** 纳米压痕仪的热飘逸为 $<0.05\text{nm/s}$ , 同时通过专业的硬度测试软件, 利用热飘逸补偿技术可将热飘逸总量控制在  $1\text{nm}$  以内; 另外, 仪器采用立式结构, 电子单元在左右两边, 热量往上漂不会对电子单元产生影响, 从而得到非常小的热漂移。
- 》 **划痕具有全景成像模式**
- 》 **NANOVEA 公司专利金刚石面积函数校准技术 (专利号: No. 3076153)** 只需要压一次就可以对针尖面积函数进行校准实现精确测量!!!



》DMA: 0.1-100Hz, 全球领先的 DMA 控制技术, 可保证深度与载荷相位是同步的, 性能远远优于电磁力驱动的 DMA 技术, 传统的电磁力驱动的 DMA 技术带来的深度与载荷相位不同步。



》还可选配三维形貌仪进行 3D 成像



## 八、世界部分知名用户：

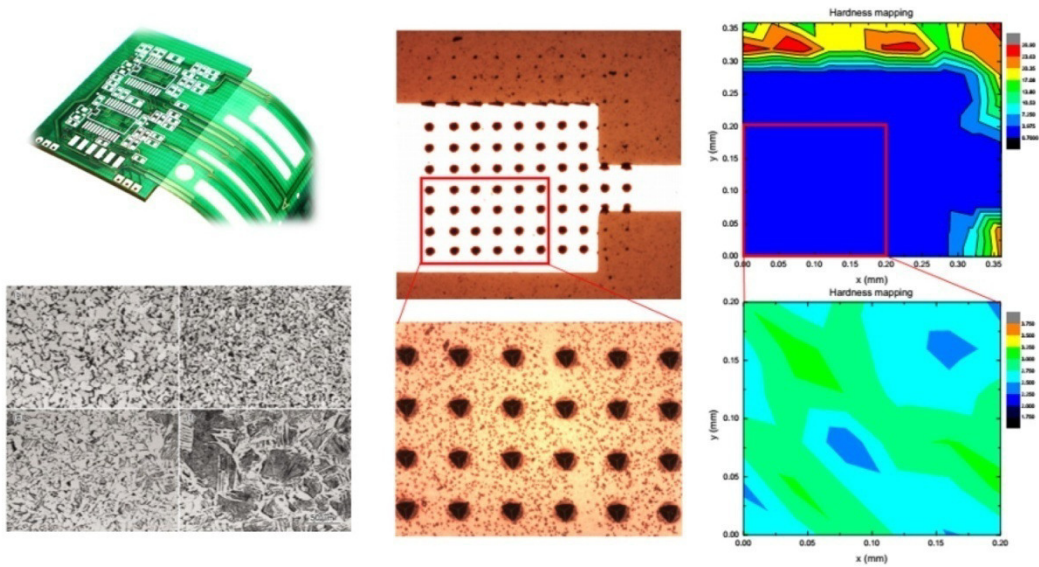
- 》 麻省理工大学 MIT（纳米压痕仪+纳米划痕仪+纳米摩擦磨损仪）
- 》 美国波音飞机公司（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪+原子力显微镜）
- 》 美国 NASA 宇航局喷气动力实验室（纳米压痕仪+纳米划痕仪）
- 》 美国 3M 公司（纳米压痕仪+纳米划痕仪）
- 》 美国 CP 薄膜公司（纳米压痕仪+原子力显微镜）
- 》 美国 phygen 涂层技术集团（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- 》 美国加州大学（纳米压痕仪+原子力显微镜）
- 》 美国陆军研究所（纳米压痕仪+纳米划痕仪）
- 》 美国纽约州立大学（纳米压痕仪+原子力显微镜）
- 》 美国 Acree 公司（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪+原子力显微镜）
- 》 清华大学（纳米压痕仪+纳米划痕仪）
- 》 北京航天材料研究院（纳米压痕仪+纳米划痕仪）
- 》 中国建筑材料研究总院（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪+AFM+三维形貌仪）
- 》 西安交通大学国家重点实验室（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- 》 西北工业大学国家重点实验室（微纳米压痕仪+微米划痕仪）
- 》 郑州大学（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- 》 北京交通大学（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- 》 东北大学（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- 》 广西大学（纳米压痕仪+纳米划痕仪）
- 》 郑州大学（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- 》 Apple 上海研发中心（纳米压痕仪+纳米划痕仪）
- 》 Biel 深圳科技有限公司（纳米压痕仪+纳米划痕仪）
- 》 中电 44 所（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- 》 杭州象限科技有限公司（纳米压痕仪）
- 》 上海中微半导体（纳米压痕仪+原子力显微镜）

## 九、测试实例

### 1、压痕测试:

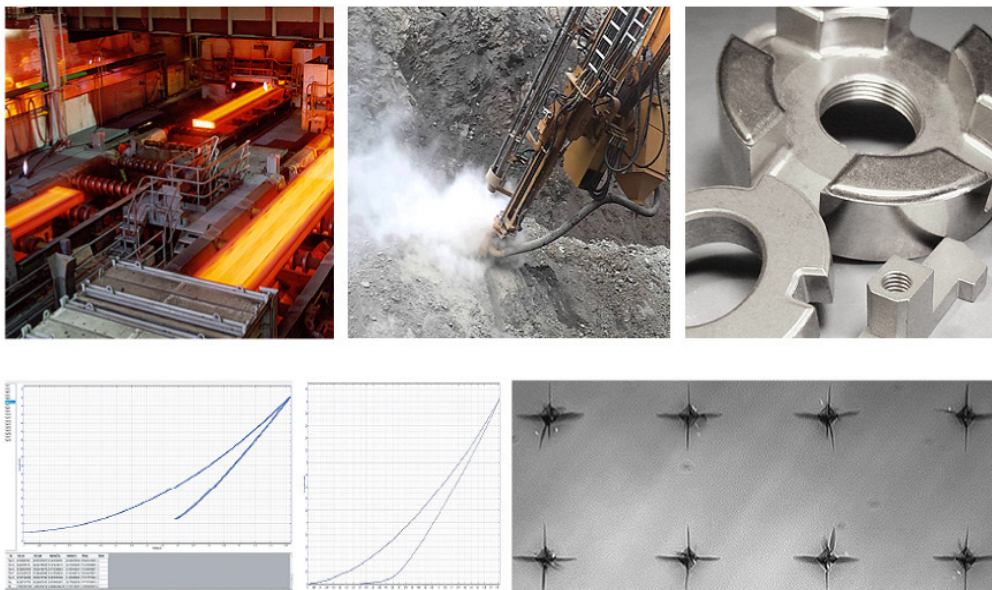
#### **N** Fastmap Nanoindentation Mapping On A Circuit

Top industries: Semiconductor & Metals Top materials: Metals, Ceramics & Composite



#### **N** Nano through Macroindentation

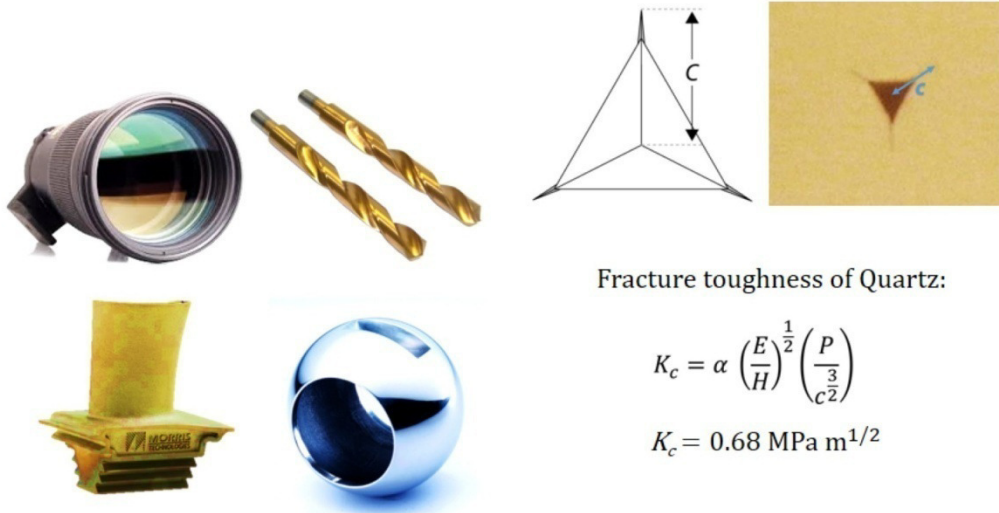
Top Industries: Metals, Oil & Transportation Top Materials: Metals, Polymers & Ceramics





**N** Fracture Toughness Measurement

Top industries: Metals, Optics & Transportation Top materials: Metals, Ceramics & Glass



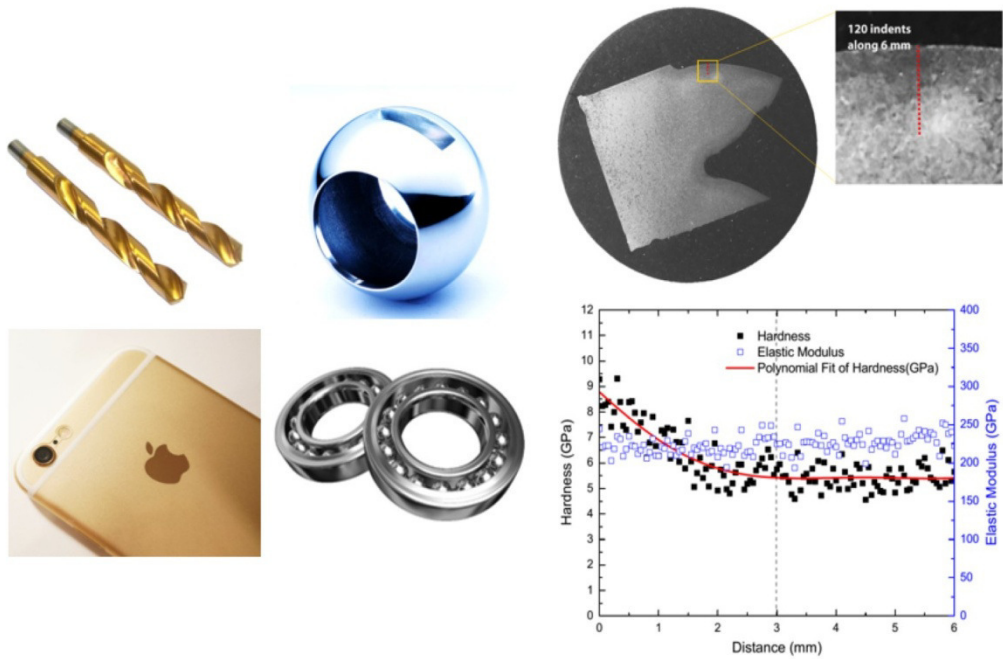
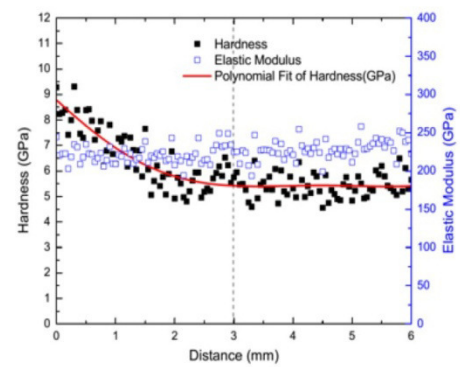
Fracture toughness of Quartz:

$$K_c = \alpha \left( \frac{E}{H} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{P}{c^{\frac{3}{2}}} \right)$$

$$K_c = 0.68 \text{ MPa m}^{1/2}$$

**N** Hardened/coated metal

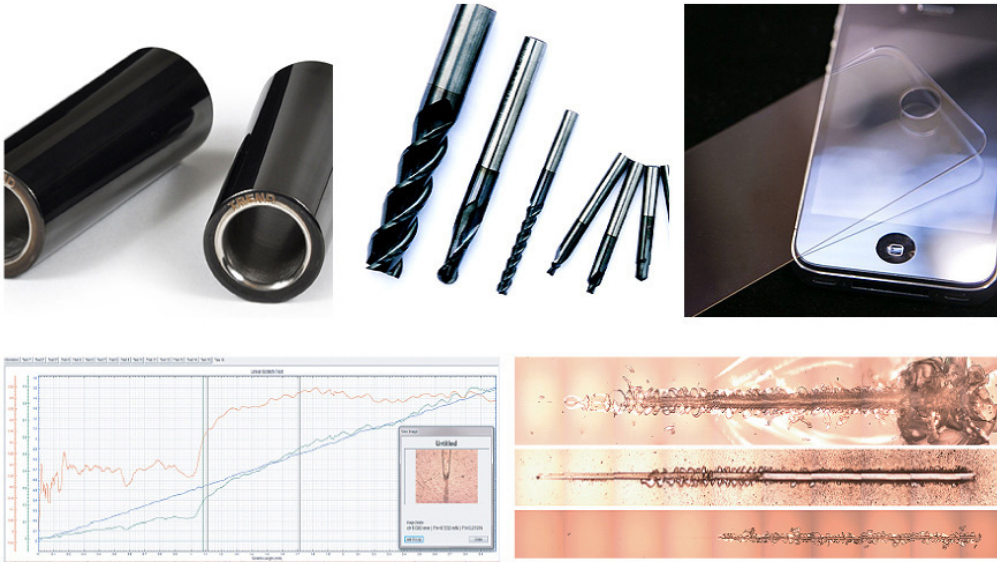
Top industries: Metals, Transportation & Tooling Top materials: Metals, Composite & Ceramics

2、划痕测试:

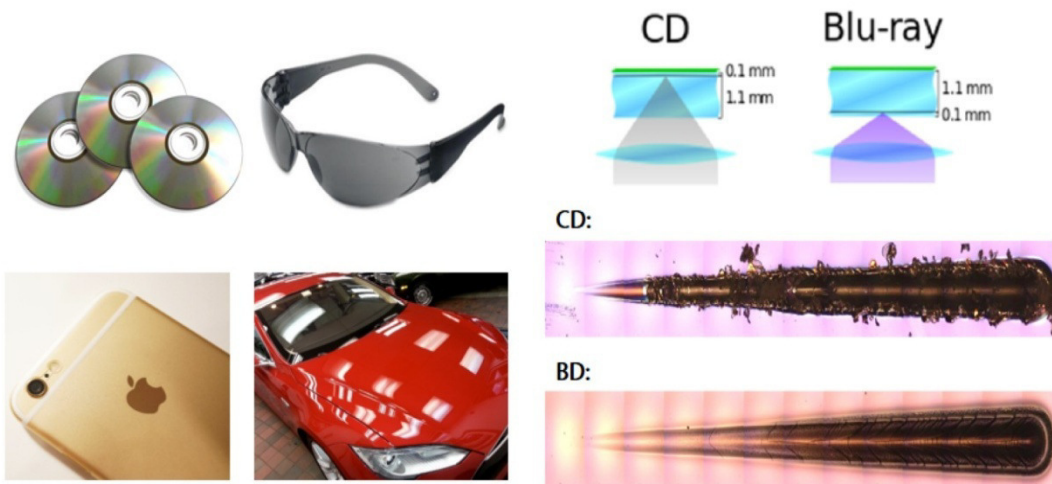
**N Nano through Macroscratch & Wear**

Top Industries: Coatings, Tooling & Consumer Products Top Materials: Polymers, Ceramics & Metals



**N Scratch Resistance of Disc Coatings**

Top industries: Consumer Products, Optics & Coating Top materials: Polymers, Glass & Composite





3、摩擦磨损测试:

**N** Bio-tribology of pacing leads

Top industries: Medical, Bio & Biotechnology Top materials: Polymers & Oils/Liquids

