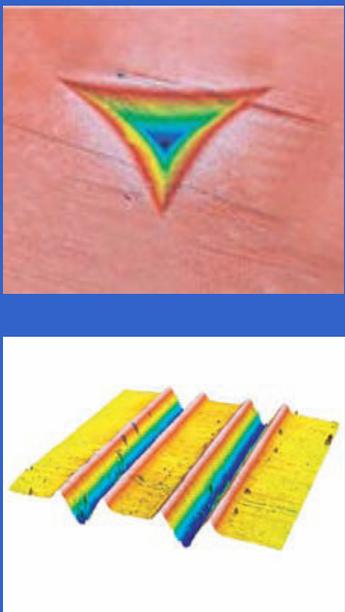


美国 NANOVEA 公司-纳米压痕仪



一、仪器名称及型号

- ◎ 仪器名称：纳米压痕仪系统
- ◎ 仪器型号：NMT

	<p>基本功能</p> <ul style="list-style-type: none">◎ 纳米压痕测试◎ 纳米划痕测试◎ 纳米摩擦磨损◎ 原位成像功能◎ AFM 三维扫描成像
---	--

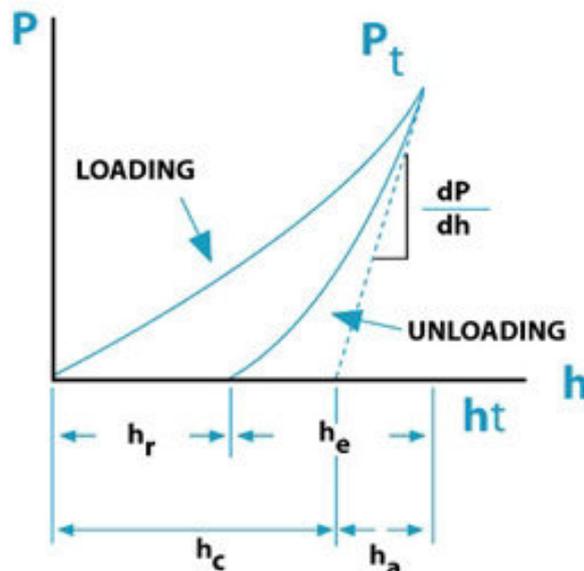
- ◎ 制造厂商：美国 NANOVEA 仪器公司

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、弹性模量、蠕变、断裂韧度、应力应变、膜基结合力、摩擦磨损等力学行为的研究。
- ◎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、 压痕测试原理：

LOAD DISPLACEMENT CURVE



如上图，首先使用逐渐增大的载荷将已知几何尺寸的金刚石压头压入材料内部，通过实时检测压入深度与施加的载荷大小得到载荷相对于压入深度的载荷-深度曲线，再逐渐减小载荷将压入到材料内部的金刚石压头退出，通过实时检测压入深度与退出的载荷大小得到载荷相对于压入深度的退出载荷-深度曲线，最后根据压入曲线与退出曲线可通过软件直接得到材料的硬度与杨氏模量。具体的公式如下：

$$H = \frac{P_{\max}}{A}$$
$$E_r = \frac{\sqrt{\pi} S}{2\beta \sqrt{A}}$$
$$\frac{1}{E_r} = \frac{1-\nu^2}{E} + \frac{1-\nu_1^2}{E_1}$$

其中式中

A——接触面积，

ν ——被测材料的泊松比

E_r ——当量弹性模量，

E——被测材料的弹性模量

β ——与压头几何形状相关的常数

E_1 ——压头材料的弹性模量

ν_1 ——压头材料的泊松比

四、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)
- ◎ 陶瓷材料
- ◎ 电子及半导体(硅片、蓝宝石、硬脆及软脆材料等)

五、仪器功能：

- ◎ 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。

- ◎ 纳米划痕测试：

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等力学性能。

◎纳米摩擦磨损测试：

主要通过往复摩擦或旋转摩擦的方式测量材料的

◎原位成像功能（CCD光学显微镜）：

主要通过仪器自带的高端光学显微镜系统（放大采集压痕、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纳米压痕与纳米划痕后的三维形貌与微结构的表征。

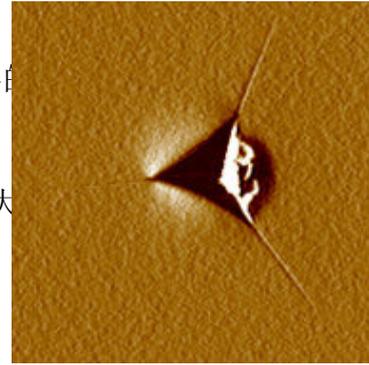
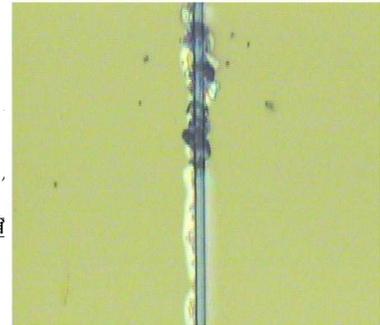


Figure 7: Micrograph of the Scratch at Failure - SiN on Glass
500x magnification (Image width 0.0615mm)

六、 仪器配置：

整套系统配置包括：一维电容式力/位移传感器模块，CCD光学显微镜系统、减震台和隔声罩、软件包、摩擦测试软件包设备装配组件架、计算石压头，金刚石划头等。



七、 技术参数：

◎纳米压痕测试：

- ///最大加载载荷：400mN
- ///载荷分辨率（理论）：30nN
- ///载荷分辨率（噪声）：1.5 μ N
- ///深度分辨率（理论）：0.003nm
- ///噪声条件下的深度分辨率：0.4nm
- ///可实现的最大位移：250 μ m
- ///热飘逸<0.05nm/s(室温条件下)
- /// DMA模式：20HZ

◎纳米划痕测试：

- ///划痕正向力最小载荷：1.5 μ N
- ///划痕正向力最大载荷：400mN
- ///最大切向摩擦力：400mN
- ///最大划痕深度：250 μ m

///最大划痕长度：90mm

///划痕速度：0-240mm/min

◎**纳米摩擦磨损测试：**

///旋转工作台的**最大转速**：100rpm

◎**精密定位平台：**

///X 方向移动范围：150mm（软件自动控制 XY 移动范围）

///Y 方向移动范围：150mm（软件自动控制 XY 移动范围）

///工作台 XY 方向**定位分辨率**：10nm

///工作台 XY 方向**定位精度**：0.25 μ m

///Z 方向可移动移动范围：50mm，样品在 Z 方向通过 Z 向台上下精确移动，逼近试样，或者进行光学聚集。

◎**CCD 光学显微镜成像系统：**

///物镜的放大倍率分别为：5X，20X，50X，100X

///总的放大倍率分别为：200X，800X，2000X，4000X

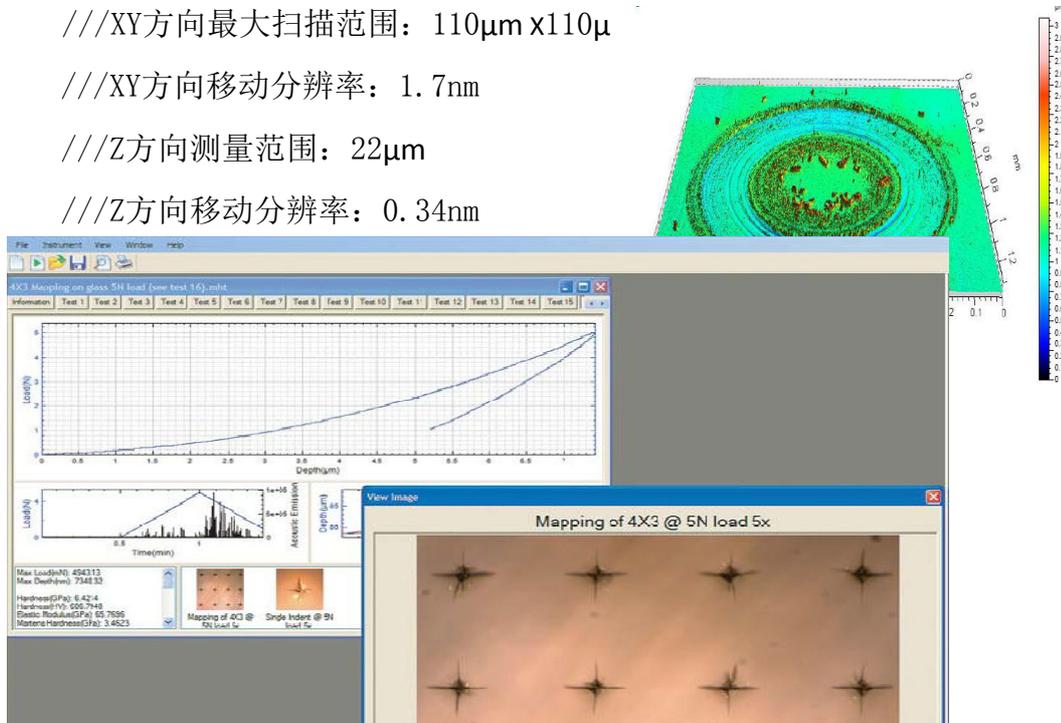
◎**原子力显微镜AFM的技术参数（高分辨率）：**

///XY方向最大扫描范围：110 μ m x 110 μ m

///XY方向移动分辨率：1.7nm

///Z方向测量范围：22 μ m

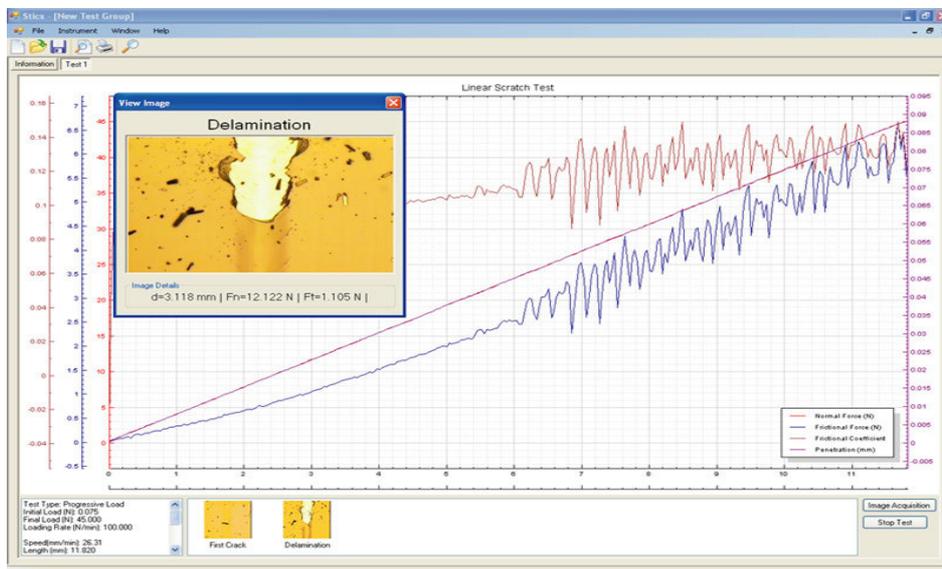
///Z方向移动分辨率：0.34nm



///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
- ///可用于断裂韧性测试
- ///利用显示显微镜自动采集数据的压痕图片
- ///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
- ///可将所有测试数据输出到纯文本txt格式；

◎M8-SCRSOF 微米划痕软件包（Windows XP）:



- ///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
- ///自动测试报告生成功能

八、技术特点：

◎ **先进的载荷加载方式：**采用独立载荷源以垂直加载的方式施加于金刚石压头或划头上，载荷的垂直加载技术与通过悬臂技术的载荷记载模式相比，系统稳定性好，具有较好的测量重复性，具有更高的精度。

◎ **采用世界领先的电容式力-位移传感器：**该传感器能够保证系统能够实现高精度的测量金刚石压头或划头的深度。

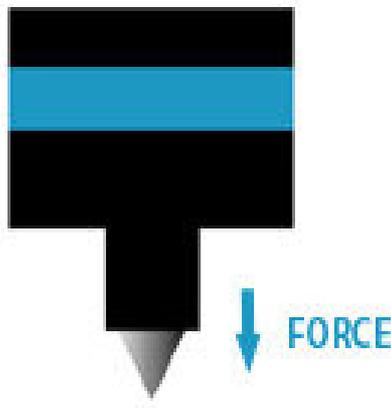
◎ **加载载荷的实时测量：**独立的载荷加载元结合高精度的压电陶瓷提供快速的反馈，可保证系统实时测量载荷的大小。

◎ **划痕技术测试世界领先，**可测各种类型材料的抗划痕能力与膜基结合力，参与编写 ASTM 标

◎ **独特的热飘逸控：**总量控制在1nm以内，热量往上漂不会

◎ **压痕测试完全符合**全符合 ISO 2050

◎ **可在一台仪器上**微米压痕测试、微米划痕测试，微纳米摩擦磨损测试多种功能，成本大大降低。



补偿技术可将热飘逸电子单元在左右两边，非常小的热漂移。

ISO 1546 标准，划痕测试完

式、纳米划痕测试、微

- ◎多样化压头：玻氏、维氏、努氏、球形、平压头等几何形状。

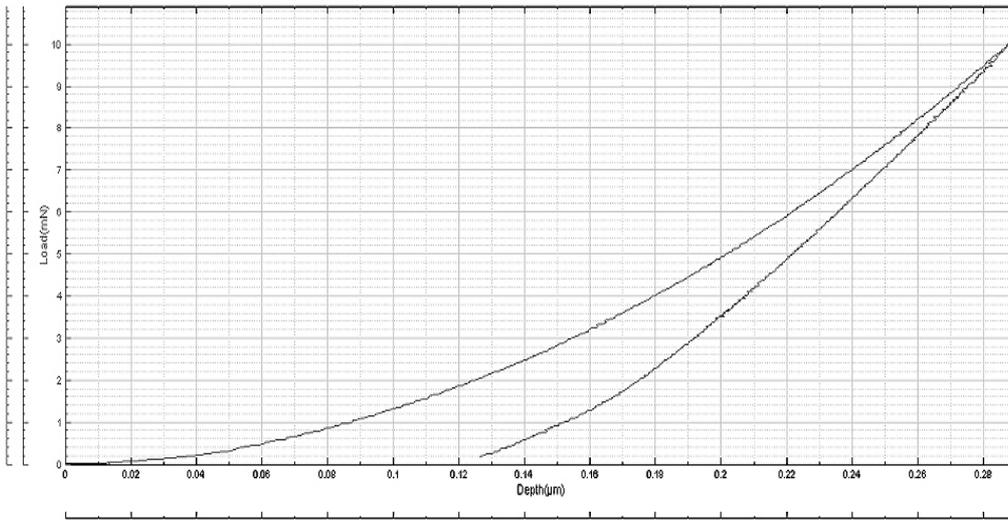
八、世界部分知名用户：

- ///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）
- ///美国南达科他州大学（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）
- ///美国 Advanced Diamond 技术公司（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- ///美国桑迪亚国家实验室（纳米压痕仪+原子力显微镜）
- ///日本 NEMS 公司（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- ///韩国首尔大学（纳米压痕仪+纳米划痕仪）
- ///慕尼黑大学（纳米压痕仪+原子力显微镜）
- ///俄罗斯 UFA 航天大学（微纳米压痕仪+微纳米划痕仪）
- ///日本京都大学（纳米压痕仪+原子力显微镜）
- ///土耳其 Gebze 研究所（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+原子力显微镜）
- ///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（微米压痕仪+微米划痕仪）

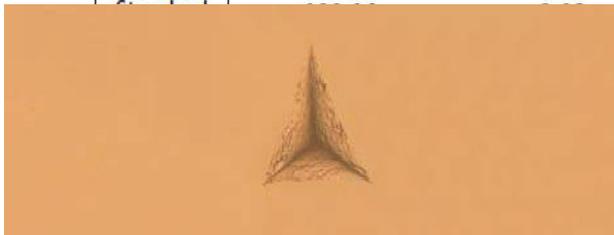
九、测试实例

- ◎纳米压痕测试



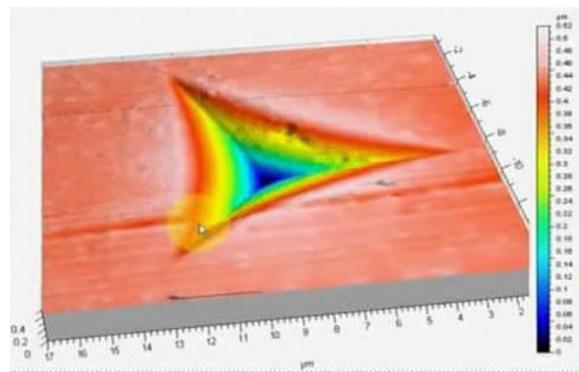


Wafer				
	Hv [Vickers]	H [GPa]	E [GPa]	Δd [μm]
1	2882.20	30.50	328.95	66.15
2	2540.62	26.77	353.17	68.13
3	2949.56	31.21	347.90	69.67
4	2920.54	30.91	319.74	66.75
5	2620.70	27.73	368.72	66.16
Average	2782.72	29.42	343.70	67.37
			19.53	1.52

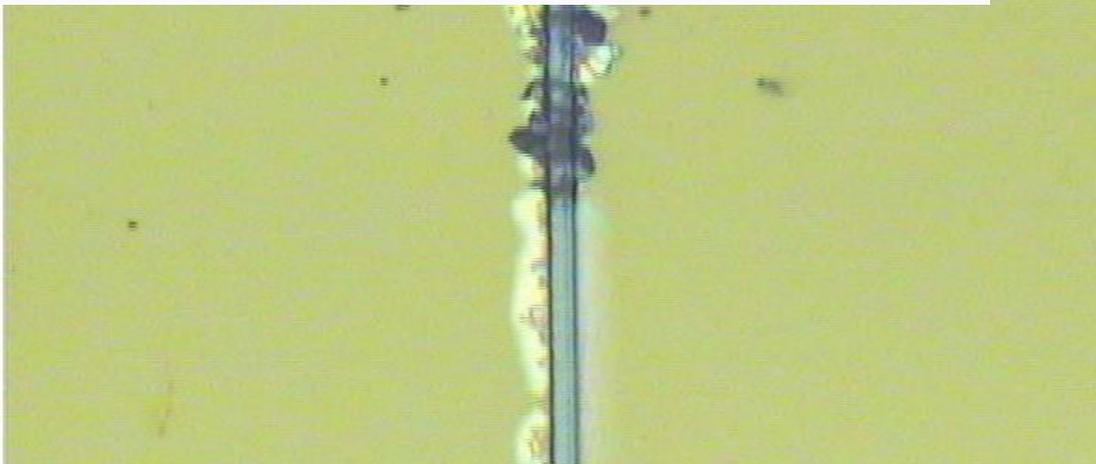
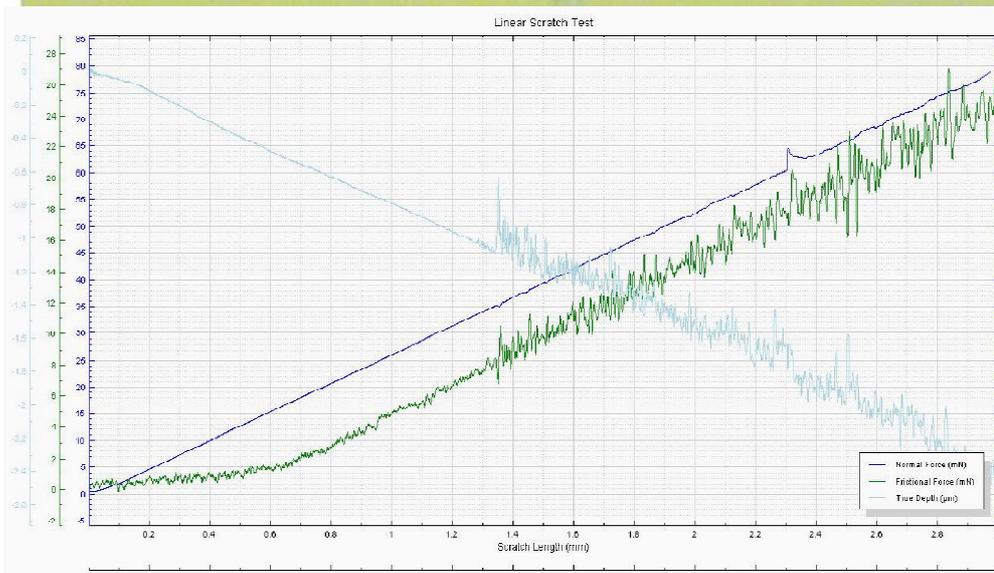
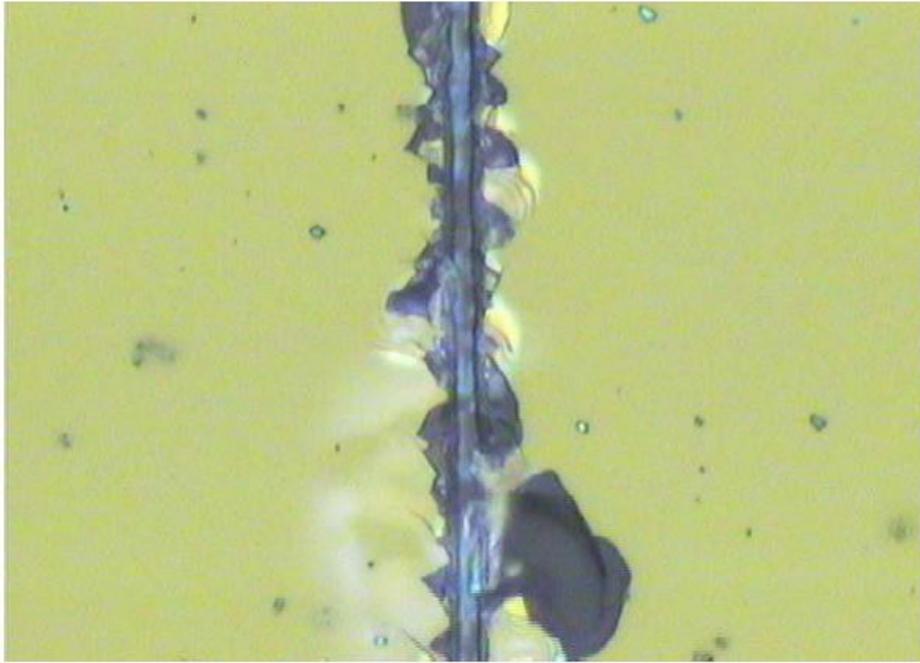


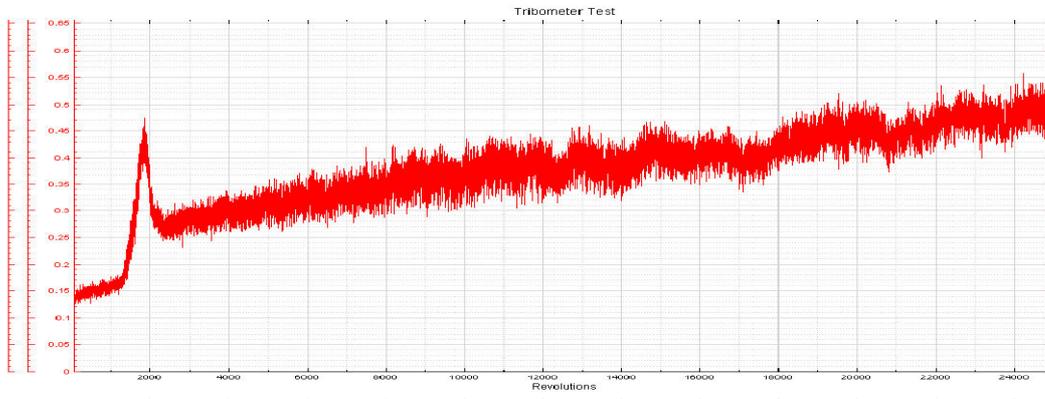
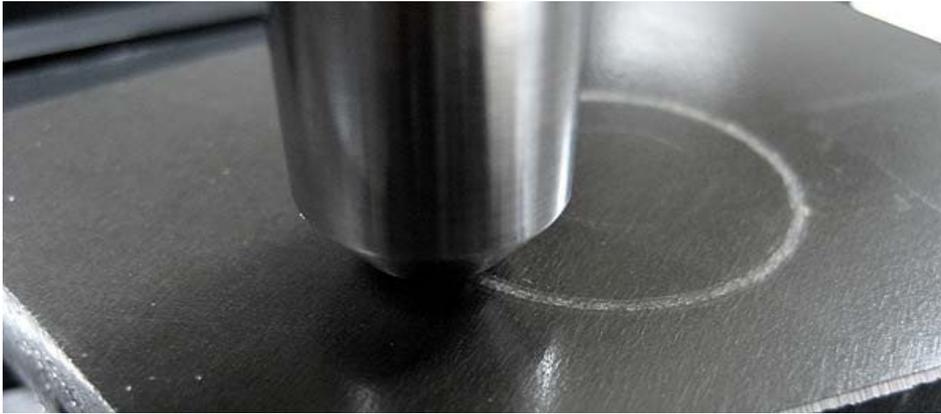
原位成像光学照片

⊙ 纳米划痕测试:



**Figure 8 : Micrograph of the Scratch at 60 mN- SiN on Glass
 500x magnification (Image width 0.0615mm)**





	Average	Sample Area of Wear Track [microns ²]	Sample Wear Rate [10 ⁻⁶ mm ³ /Nm]
X	0.361	2141.03	4.283

Scratch	Critical loads - SIN on Glass Failure [mN]
1	34.327
2	34.957
3	34.207
4	33.581
5	34.657
Average	34.346
Std dev	0.518

划痕三维图片