

摩擦学国家重点实验室 分析测试类仪器介绍

V.20121010



形貌、结构测量分析类

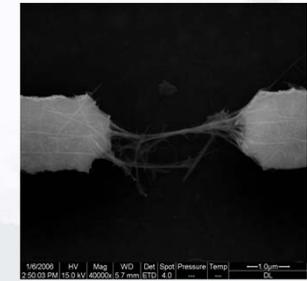
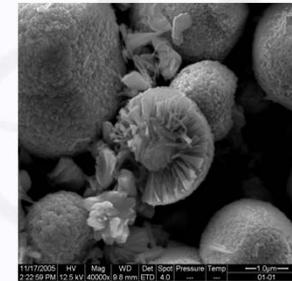
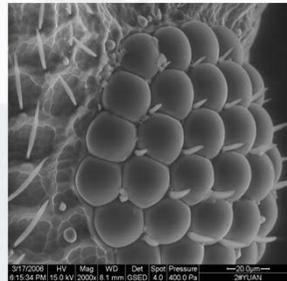
场发射环境扫描电子显微镜

FEI Quanta 200 FEG



ESEM can work in high vacuum, rough vacuum and normal environment. It can be used in the observation and analysis in rough vacuum environment about mushy material and thin film, adsorption phenomenon of chemical modified particle, joint and artificial joint.

ESEM可在高真空、低真空和环境等三种工作模式下工作，可在很低真空的方式下对多孔隙材料与薄膜表面、经化学修饰后的微粒的吸附现象、关节与人工关节样品等进行观察分析并配有最新的X射线能谱仪、超微操纵及注射系统、冷台及热台。



➢ 分辨率：二次电子成像

- 高真空模式：30KV时<2.0nm
- 低真空模式：3 KV时<3.5 nm
- ESEM环境真空模式：30KV时<2.0nm

➢ 放大倍数：

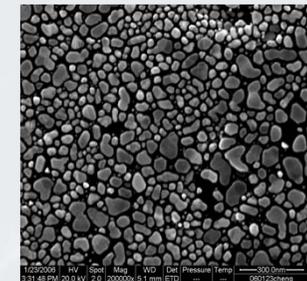
- 高真空模式：12X~1,000,000X
- 低真空模式：12X~1,000,000X

➢ 加速电压：200V~30KV

➢ 样品室真空 6×10^{-4}~ 4000Pa

➢ 扩展附件：

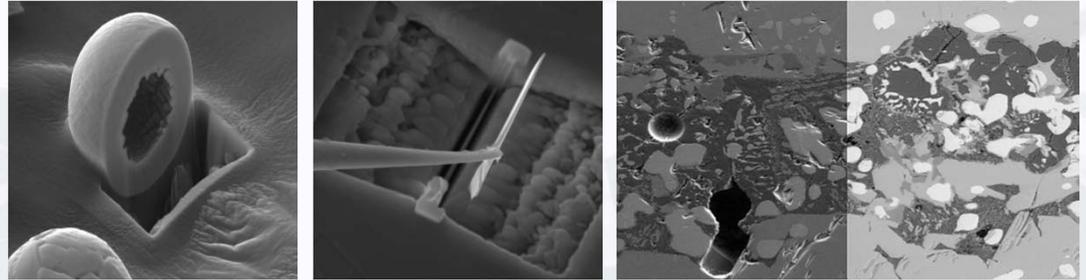
- 冷台：0~10℃时，可对样品在不同相对湿度(0~100%)下的状态进行观察和分析。制冷温度最低可达-20℃，控制精度可到0.1℃
- 加热样品台：温度控制范围：室温~1000℃，
加热速度：1℃/min~300℃/min



聚焦离子束扫描电子显微镜

FEI Quanta 200 FEG

FEG-SEM/FIB can emit a high intensity focused ion beam (FIB) on the nanometer scale material combining with scanning electron microscopy (SEM). It opens up a new way of nano processing of the nano-devices and the bulk material. It has been widely used in many fields such as semiconductor IC production lines; directly repair and processing of integrated circuit; micro-nano manufacturing and processing of devices.



FEG-SEM/FIB采用高强度聚焦离子束（FIB）对材料进行纳米尺度地加工，结合扫描电子显微镜（SEM）实时观察，开辟了从大块材料制造纳米器件、进行纳米加工的新途径。目前已广泛用于半导体集成电路生产线；直接修补、加工集成电路；微纳米加工、操作以及器件的研制等诸多领域的研究中。

➤场发射（FE-SEM）部分：

1. 分辨率：高真空：1.2nm at 30kV
2. 放大倍数： $2 \times 1,000,000 \times$
3. 真空系统：高真空：样品室 $<9 \times 10^{-3} \text{Pa}$ ，枪体真空 $<1 \times 10^{-6} \text{Pa}$
4. 加速电压：0.5kV to 30KV
5. 电子束电流：2pA~100nA

➤离子束（FIB）部分：

1. 分辨率： $< 5 \text{nm}$ at 30kV
2. 放大倍数： $150 \times 1,000,000 \times$
3. 真空系统：枪体真空 $<5 \times 10^{-6} \text{Pa}$
4. 加速电压：1kV to 30kV
5. 电子束电流：2pA~40nA

高分辨表面轮廓仪

KLA-Tencor HRP-350



高分辨率表面轮廓测量仪 **HRP-350**用于表征样品的表面形貌，能够对样品纳米级特性实现精确控制，具有高测量灵敏度,高扫描速度的特点，同时能监控样品极其细微的横向和纵向尺寸。在蚀刻和化学机械抛光工艺中控制形貌的过程中起到了重要作用。

水平测量指标 (X-Y)	全景扫描模式	高分辨率扫描模式
扫描尺寸	300 mm	90 μ m
最大扫描范围	直径300 mm	90 x 90 μ m
横向分辨率	X=25nm; Y=100nm	X = 1 nm; Y = 1 nm
扫描速度	2 to 25,000 μ m/sec	0.25 to 50 μ m/sec

垂直测量指标(Z)	标准模式	扩展模式
垂直测量动态范围	131 μ m	327 μ m
最大垂直台阶高度	100 μ m	260 μ m
垂直分辨率	0.01A-0.08A	0.01-0.20A
线性度	\pm 1%	\pm 1%
测试压力控制	0.05mg-50mg	0.2-50mg
测试压力分辨率	0.01mg	0.01mg
扫描频率	5-2000Hz	5-2000Hz

晶圆四探针测试仪

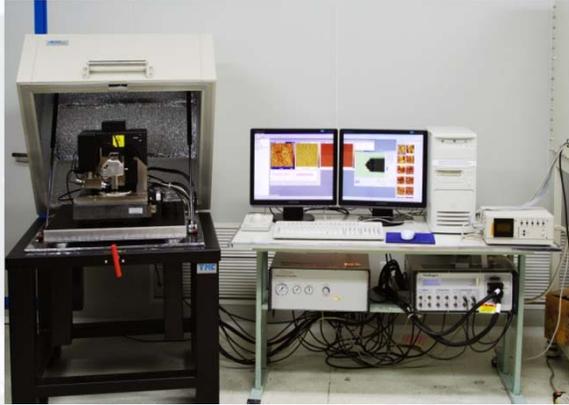
晶圆四探针测试仪在半导体制造和化学机械抛光研究中有广泛的应用。可通过测量晶圆表面金属薄膜的方块电阻来获得金属薄膜的纳米级厚度，是目前表征金属化学机械抛光去除率和均匀性最有效的测试手段。



参数指标

晶圆尺寸:	2-12英寸
典型测量时间:	1s/site
测量范围:	2MΩcm-5MΩcm
重复性:	$\pm 0.02\%$
精度:	$\pm 0.5\%$

扫描探针显微镜 Nanoman VS



➤ Nanoman VS 扫描探针显微镜 (SPM)

在同一套系统上实现原子力显微技术 (AFM)、扫描隧道显微技术 (STM)、纳米刻蚀和纳米操纵 (Nano Lithograph)，可以广泛应用于半导体晶圆表面特征测量、刻蚀掩膜、磁介质、CD/DVD 检测、生物材料、光学以及其它领域大直径样品 (直径可达200mm)，同时可以对样品表面进行纳米尺度的刻蚀和加工。扫描范围100um*100um，分辨率0.3nm。

The NanoMan VS utilizes atomic force microscopy (AFM) and scanning tunneling microscopy (STM) techniques to measure surface characteristics for semiconductor wafers, lithography masks, magnetic media, CDs/DVDs, biomaterials, optics, and other samples up to 200mm in diameter.

➤ Multimode 扫描探针显微镜

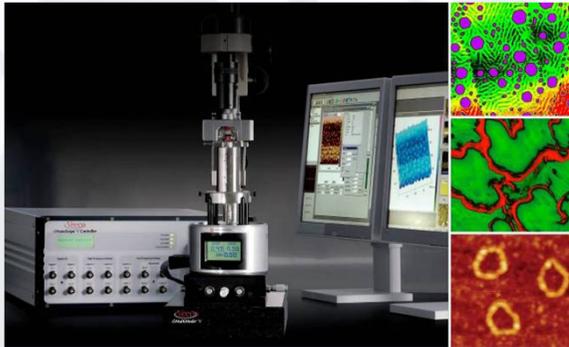
能够准确地观测样品表面纳米尺度的三维形貌，同时可对样品表面物理化学特性进行研究，如表面表面电势、磁场力、静电力、摩擦力和其他表面力的测量。扫描范围100um*100um，分辨率0.03nm。

This versatile, high-resolution metrology and imaging tool performs a complete range of AFM techniques for surface characterization of properties like topography, elasticity, friction, adhesion, and lectrical/magnetic fields.

➤ ECM-2 电化学扫描隧道显微镜

能够在电化学控制下的溶液中在纳米分辨率上测量双电层的电势分布和成像电极表面的电势和形貌。扫描范围100um*100um，分辨率0.01nm。

ECM-2 can perform potential profiling of the electrical double layer, nanometer-resolution potential mapping and topographic imaging of electrode surfaces.



三维共聚焦表面形貌仪

Phase Shift MicroXAM-3D



3 Dimensional Confocal Microscope Phase Shift MicroXAM-3D

分辨率	752×480像素 (可选1K×1K)
XYZ行程	100mm×100mm×100mm
RMS重复精度	1nm
垂直扫描范围	30um 100um 5mm10mm
垂直扫描分辨率	最小可到0.01nm
数据采集速度	标准型: 2.1um/sec.
侧向分辨率	0.11-8.8um
视场范围	8mm×10mm-0.084mm×0.063mm
校正精度	<<0.1%
反射率要求	1%—100%

用于测量表面粗糙度、精加工表面纹理，测量范围从高度抛光的光学件直至粗糙表面；如：轧制的钢材、塑料、纸张、陶瓷和硅晶片等。

备有光学显微镜及不同目镜；高分辨率的摄像机可自动调焦测出752×480个数据点。

使用光学干涉法进行定量测量，可采用目视和共焦两种模式操作。

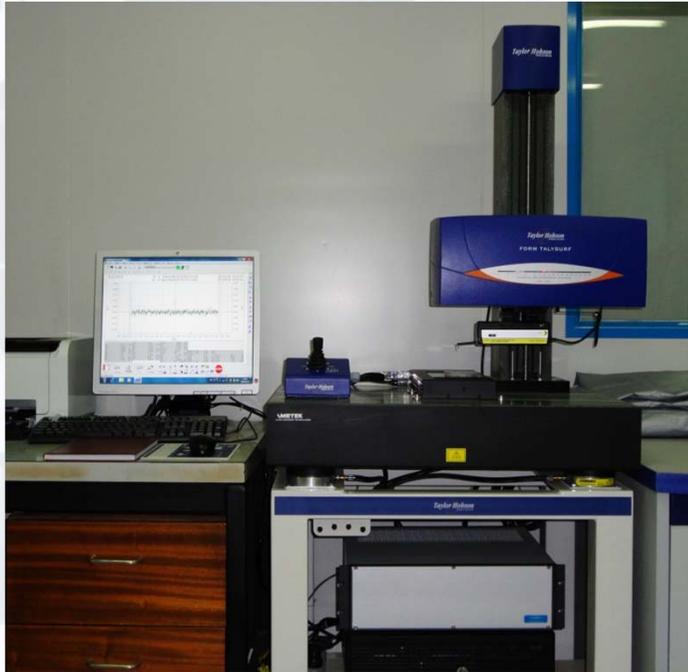
使用所提供的绘图和分析软件，可获得优化表面纹理图像，并生成三维干涉断面图。

MicroXAM-3D can measure the surface profile and surface roughness of polished optical elements and rough metal surfaces, such as the milled steel, plastics, ceramics and the silicon disks. The surface patterns and the 3D interference cross section figures can be acquired by the provided graphic and analysis tools. The optical interference method is used to achieve quantitative measurement, visual and confocal modes are both provided.

Optical microscope and different eyepieces are provided. 752×480 data can be acquired by automatic focusing in high precision camera.

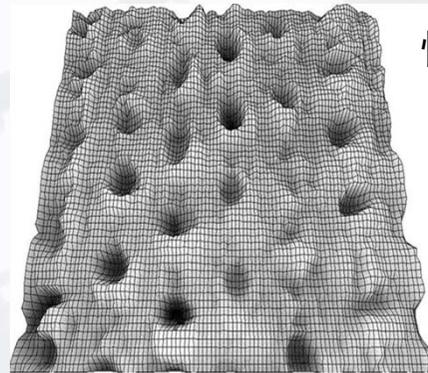
表面形貌测量系统

Talysurf PGI 1230



用来测量物体表面形貌的仪器，可以进行表面粗糙度、波纹度等二维、三维表面形貌九十余种参数测量，并可根据用户要求随时扩充。图片显示了1.5mm×1.5mm 的激光毛化表面三维形貌。可以进行二维、三维表面形貌九十余种参数测量。

This instrument is to archive the surface profile. It can get two and three dimension parameters on the surface roughness and waviness and also be expanded by special requirement. The photo is a three dimension laser textured surface profile, and its size is 1.5mm X 1.5mm.

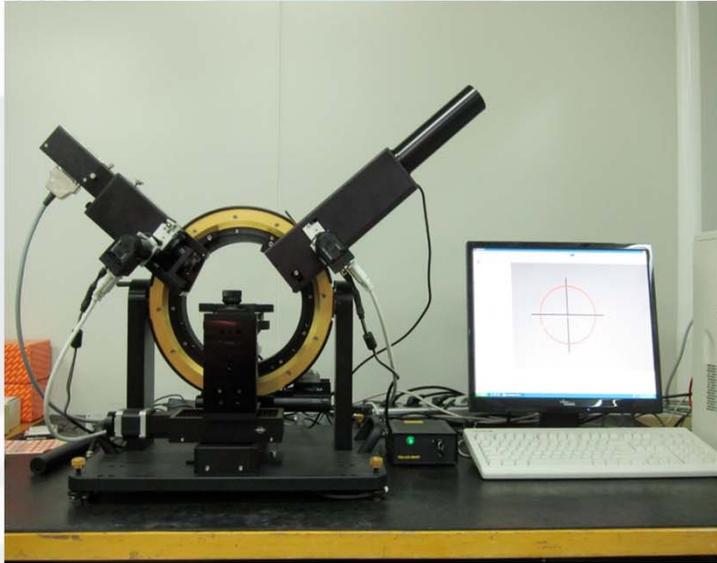


性能指标：

- 最小垂直分辨率：0.8nm
- 基本误差：5%
- 测量动态范围：12.5mm
- 测头行程：200mm（水平方向）

激光毛化表面三维形貌

椭圆偏振仪



➤参数指标:

Wavelength: 632.8nm

Incidence range: 20°– 150°

Angle resolution: 0.005°

Accuracy: 0.1nm

Lateral resolution (imaging Ellipsometry): 1 μm

椭圆偏振仪(Multiskop)是一台多功能表面测量仪，集椭圆偏振仪，表面等离子体共振光谱分析，光波导模式，布鲁斯特角显微镜，成像椭圆偏振仪等多种功能于一体，主要用于测量固体膜，液体膜的厚度，材料的光学参数，以及研究薄膜动力学过程等。

The Multiskop is a powerful and versatile optical setup which incorporates modules such as Ellipsometry, Surface Plasmon Spectroscopy, Waveguide modes, Brewster Angle Microscopy and Imaging Ellipsometry in a single instrument. It is can be used to measure the thickness of solid/ liquid film, optical constant of material and the kinetic process, and so on.



材料特性分析测量类

红外热成像系统



ImageIR系列红外成像系统采用**640x512**像素光子型焦平面探测器，响应光谱范围包括短波、中波和长波。它可在极短的时间内实现对高速运动的物体或瞬态的变化过程进行精准测量和清晰成像。多种外部触发方式可对**ImageIR**的积分时间以精确时控和选通曝光的方式进行精确控制，为众多重要事件的瞬态图像数据的同步捕获提供了可能。

参数指标

成像速率: 帧频和积分时间可调，满帧状态最高250Hz，最高（1/4帧）3000Hz，或10KHz（行模式）

积分时间: 以1us为增量，在1us到20ms范围可调，

热灵敏度: 优于 20mK (30 °C)

测量精度: $\pm 1^{\circ}\text{C}$

差示扫描量热仪

TA DSC Q2000



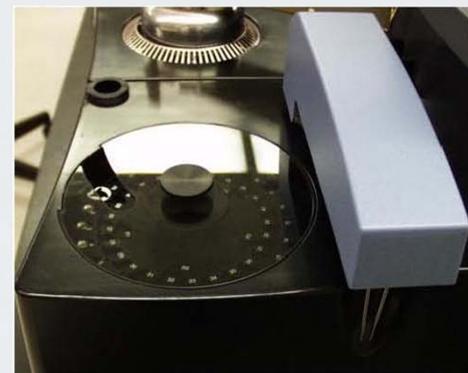
差示扫描量热仪 (DSC) 测量的是与材料内部热转变相关的温度、热流的关系，可以测量物理转变（由相变化、熔化、氧化以及其他与热相关的变化引起）期间材料吸热（热量吸收）和放热（热量散发）过程的定量与定性数据。其应用范围非常广泛，特别是材料的研发、性能检测与质量控制；材料的特性，如玻璃化转变温度、冷结晶、相转变、熔融、结晶、产品稳定性、固化/交联、氧化诱导期等都是DSC的研究领域。

➤ 参数指标

温度准确度	$\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
温度精确度	$\pm 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$
温度范围（配置冷却附件）	$-180 \sim 725\text{ }^{\circ}\text{C}$
量热精确度（钢标准金属）	$\pm 0.05\%$
量热重现性（钢标准金属）	$\pm 0.05\%$
灵敏度	$0.2\mu\text{W}$
Tzero基线弯曲度（ $-50 \sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）	$10\text{ }\mu\text{W}$
Tzero基线重现性	$\pm 10\text{ }\mu\text{W}$



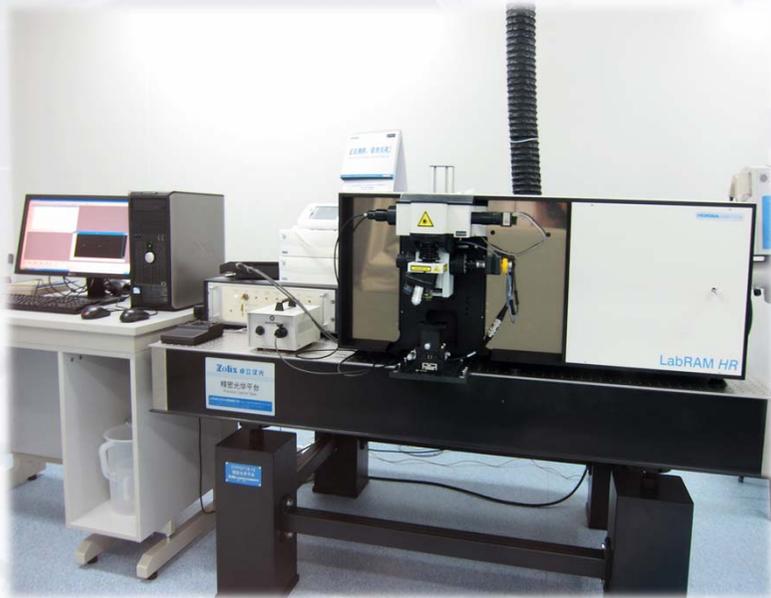
样品封压机



自动采样装置

高分辨拉曼光谱仪

Horiba JobinYvon HR800



Horiba JobinYvon HR800 显微共聚焦激光拉曼光谱仪可用于材料研究，摩擦磨损分析，原位观察等方面。可以进行常规光谱测量（标准样品），偏振拉曼光谱，增强拉曼光谱以及在线拉曼散射测量等，可以得到样品表面的光学形貌，分子特性（成分，结构，取向等），晶格结构，残余应力，温度、压力分布等信息。

►参数指标:

光谱范围: **400-1050 nm**

测量方式: 偏振/非偏振, 大样品测量, 变温测量

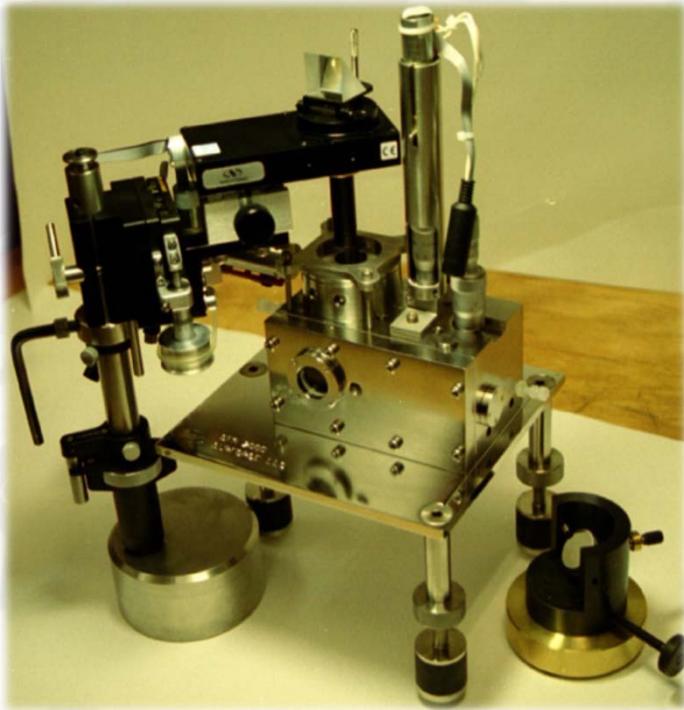
分辨率: **0.65cm⁻¹**

重复性: **0.2cm⁻¹**



固、液表面微观力学特性测量类

表面力仪



表面力仪被用来测量表面间的物理力（如范德华力），真空与液体环境下的静电力，粘附力，毛细作用力，表面与液体结构所产生的力（如溶剂化力与水合力），位阻与疏水作用，以及摩擦与润滑作用。与原子力显微镜，扫描电镜等成为探究微观世界机理的重要仪器。表面力仪是采用基于多光束干涉的等色序条纹技术同时测量膜厚与折射率，结合悬臂梁刚度得到法向力。从光源发出的白光经透镜、平面镜反射，在样品处发生多光束干涉，分光后进入光谱仪得到等色序干涉条纹。

►参数指标

位移精度:0.1nm

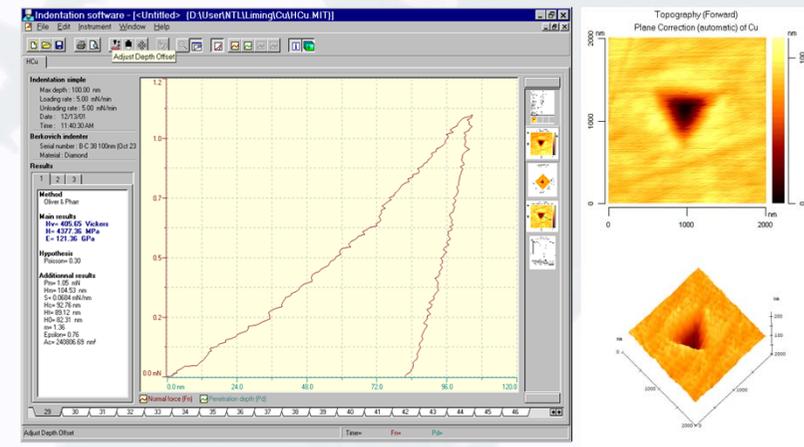
测力精度: 10nN

纳米显微硬度测量仪 Nano-Hardness Tester



纳米显微硬度仪用于纳米尺度的载荷及针入度的测量。载荷范围为0.1mN-300mN，可用于分析有机物与无机物的软和硬的涂层，如：PVD、CVD、PECV等其他薄膜或多层膜。基体可以为硬或软的材料，如金属合金，半导体，玻璃等等。可得到材料的纳米硬度。

The Nano-Hardness Tester can be applied to measure loading/unloading and penetration depth and the nano-hardness of materials on the nano scale. It can be used to analyze the organic and inorganic soft or hard coatings, such as PVD, CVD, PECV or other thin films or multi-layer films. The substrates can be either soft or hard materials.



铜的测量曲线及其二维三维形貌

纳米划痕仪

Nano Tester

Nano Test多功能纳米力学测试仪配备精密减震台、光学显微镜、增强功能的纳米/微米压痕测试计算软件，提供全程序化的标定、测试和分析。根据不同要求可进行纳米硬度、纳米划痕、纳米冲击、纳米疲劳、蠕变、微磨损测

性能指标：

载荷分辨率：0.06 mN

压深分辨率：0.02 nm

压痕实验：

载荷：0~500 mN

加载速度：0~11 mN/s

划痕实验：

载荷：0~500 mN；

划痕长度：10 μm ~10 mm

划痕速度：0.1~100 $\mu\text{m/s}$

加载速度：0~20 mN/s

纳米冲击：

载荷：0~20 mN

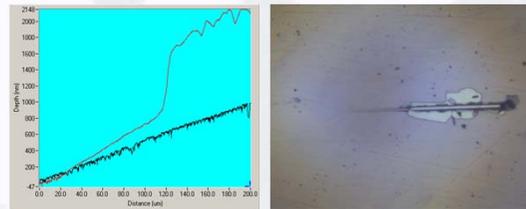
最大针尖敲击频率：0.5 Hz

纳米疲劳：

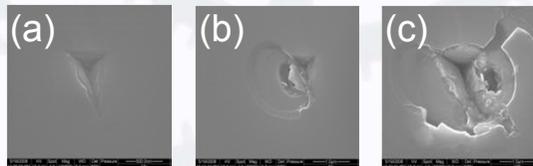
载荷：0~500 mN

样品振动频率：1~500 Hz

最大样品振幅：7 μm



Cu膜的纳米划痕试验曲线和划痕照片
The scratch curve and scratch image of Cu film



纳米冲击压痕照片
The indentation images after impact test



The Nano Test system equipped with a precision anti-vibration table, an optical microscope, and testing and calculating software for nano/micro indentation. The calibration, test, and analysis can be performed automatically. The instrument can be applied for measurements of nano-hardness, nano-scratch, nano-impulse, nano-impact, creep, and micro-wear.

表面张力仪

K-12 Tensiometer



K-12 can measure the surface tension of liquids, contact angle, liquid density, adsorption property of porous materials, etc.

该表面张力仪具有高精度全自动的特点。结合其相关配件及配套软件，可进行如下测量：

- ✓ 液体表面张力及界面张力
- ✓ 体表面自由能
- ✓ 接触角
- ✓ 液体密度
- ✓ 粉末吸附性能
- ✓ 固体表面润湿长度
- ✓ 临界胶束浓度

性能指标：

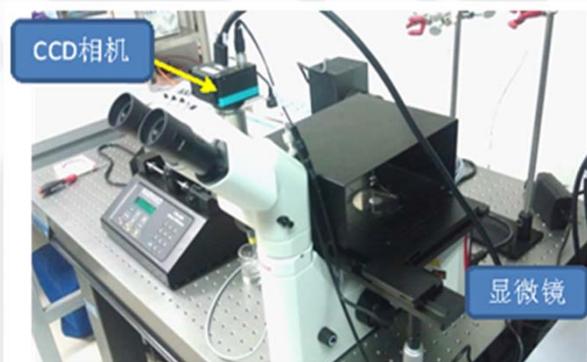
- 测量范围：0~500 mN/m
- 测量精度：+/-0.01 mN/m
- 测重范围：0~25g
- 测重精度：0.1mg
- 测量温度：-10℃~+100℃



流体力学特性测量类

DANTEC 激光微流场分析仪

DANTEC PIV



激光微流场分析仪是摩擦学在微纳米领域研究受限液体的润滑流变和分析界面效应的重要仪器，它为摩擦学研究提供了有力的流场分析工具，为薄膜润滑、受限液体的流动以及表面和界面科学的研究提供分析和监测手段。同时该设备还可用于研究微纳米尺度的材料合成过程、微纳米流动理论以及生物医学的研究，在微尺度、低雷诺数流场可视化测量、近壁面流动、电渗流微混合、生物流体及微液滴与气泡技术等研究领域也有着广泛应用。

➤ 参数指标

测量面积：10 μ m - 2mm

测速范围：0 - 20m/s

测量精度：1%

奥地利安东帕MCR301旋转流变仪

Aaton Paar Physica MCR301



第三代MCR模块化智能型高级流变仪是目前最先进的流变测试系统，其完全模块化、智能化的设计，使其既有最强大的扩展功能，又具有简单方面的操作性。

控温系统包括：帕尔帖（Peltier）加热系统、电加热系统、对流加热炉、水浴控温系统等；

夹具系统包括：锥/板、平板、同轴圆筒、双锥测试夹具等；

20多种扩展系统，包括：界面流变系统、电流变系统、磁流变系统附件等等；

RheoPlus流变软件提供流变测试和分析应用，包括所有标准分析工具和特殊分析模板，如时温等效，频谱计算和分子量分布。适合于润滑油、乳液、脂、电流变液等牛顿流体或非牛顿流体流变特性测试。

技术参数：

轴承：空气轴承
最小扭矩：0.002 μ Nm
最大扭矩：200mNm
偏角（预设）：0.1到 ∞ μ rad
最小速度（CSS）：10⁻⁷ rpm
最小速度（CSR）：10⁻⁶ rpm
最大速度：3000rpm
最小频率：10⁻⁵ Hz
最大频率：100Hz
法向应力范围：0.01-50N
法向应力精度：0.002N
ToolmasterTM：都有
温度范围：-150 $^{\circ}$ C~500 $^{\circ}$ C

测试模式：

- 1.应力控制或应变控制下的旋转测试
- 2.应力控制或应变控制下的振荡测试
- 3.蠕变/恢复测试
- 4.应力松弛测试、
- 5.法向应力测量
- 6.线性拉伸或压缩；
- 7.振荡和旋转的叠加测试；



摩擦磨损模拟试验设备

可控环境摩擦磨损仪 UMT-3

UMT多功能测试系统可以有效地应用于金属，塑料，陶瓷，纸制品，复合材料以及涂层的摩擦性能测试，也可以用于固体润滑，润滑液，润滑油和润滑脂的摩擦性能的测试。

- 生产厂家：CETR(Center of tribology)，美国
- 加载范围：1mN~1000N
- 垂直定位：最大行程150mm，位置分辨率1 μ m
- 横向位移：最大行程75mm，位置分辨率2 μ m
- 下试样主轴转速：0.001rpm~5000rpm
- 对偶方式：四球式，球盘式，销盘式，盘盘式
- 附加模块：安装了湿度和温度控制模块，可以调节实验环境，最高加热温度可以加到1000 $^{\circ}$ C。还安装了电化学模块，可以得到摩擦过程中极化曲线。



UMT-2微摩擦试验机

Universal Micro-Tribotester



UMT-2多功能微摩擦磨损试验机在摩擦磨损和材料研究中有广泛的应用。可以进行标准试验（四球试验）、多种常规摩擦学试验（球盘试验，销盘试验，盘盘试验）等，可同时得到摩擦力、载荷、扭矩、摩擦系数、水平位移、垂直位移、高频声信号等测量数据。

The Universal Micro-Tribotester can be widely used in the research of friction and wear of materials, such as four-ball standard test, ball-on-disk, pin-on-disc, flat-on-disc, reciprocating, etc. During the test, data of friction force, applied load, horizontal and vertical displacement, high frequency sound signal, etc. can be obtained. The load range is 0.1 mN (0.01g)-120N (12kg), the rotation speed is from 0.001rpm to 5000rpm. It also can be applied to scratch test and microhardness test.

利用该试验机测定了自组装表面改性玻璃与钢球在干摩擦、水滴润滑和全浸泡三种状态下摩擦系数随时间的变化曲线。结果表明，玻璃表面自组装全氟辛基三氯硅烷 (C₈H₄Cl₃F₁₃Si) 后，在水滴润滑条件下，接触区附近吸附在钢球上的水膜将其与玻璃片有效的分开，从而实现了较低的摩擦系数 (0.05)。

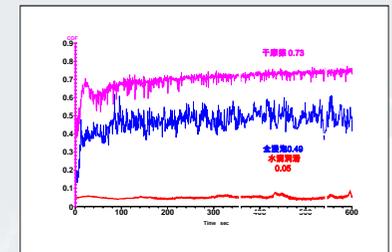
The friction coefficients between glass plates modified with self assembly technology and steel ball, at contact point were used. The results show that lower friction coefficient can be received under droplet lubrication due to thin film of water formed in the contact zone effectively separated the glass plates modified with 1H,1H,2H,2H-Perfluorooctyltri-chlorosilane and steel ball.

主要指标：

加载范围：0.1 mN (0.01g)-120N (12kg)

对偶方式：四球式，往复式，球盘式，销盘式，盘盘式

主轴转速：0.001 到 5000 转/分



ball diameter 4mm, Ra 10nm, dry friction condition, full immersion condition and droplet lubricant condition. 0.4N, V=40mm/s

CP-4 化学机械抛光试验机

CP-4 tester



主要指标:

最大负载: 400N

电机转速: 1~500rpm

法向和横向摩擦力传感器: 量程: 4~400N,

精度: 0.4N

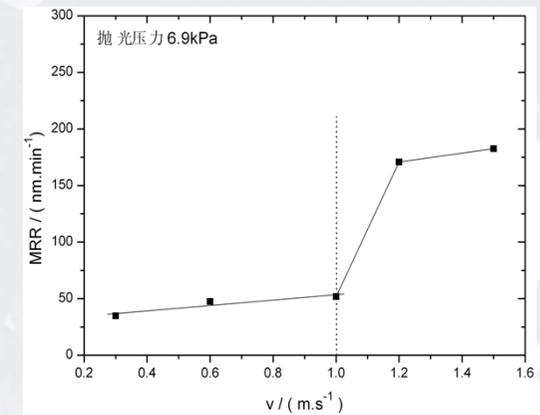
声信号探测响应频率: 0.2~5.5MHz

温度测量范围: -50°C~150°C

CP-4试验机主要用于硅、二氧化硅、铜、钨和铝等多种材料的化学机械抛光研究, 可对抛光载荷、抛光垫转速和wafer转速进行主动控制, 通过蠕动泵调整抛光液流量, 抛光过程可以在线抛光垫修整。采集系统可以采集抛光过程中载荷、摩擦力、slider位置、主轴位置、温度、声学信号等参数, 具有较高的自动化程度。

CP-4 tester can be used to study chemical mechanical polishing properties of slurry and materials, such as Si, SiO₂, W, Al, etc. The applied load, the rotation speed, the flux of slurry and the pad conditioning can be controlled automatically. The tester can simulate the actual polish conditions, such as temperature, pressure, rotate speed, polishing solution etc. It can be used to show how process parameters affect the velocity and quality of polish process.

如图所示, 在了氨基乙酸-H₂O₂体系抛光液中, 铜的化学机械抛光去除率与相对速度的关系曲线。抛光相对运动速度>1m/s时, 随着相对运动速度增大, 抛光过程机械作用的增强成为主导因素, 抛光去除率呈现较大增长。



压力为6.9kPa时铜CMP去除率随相对运动速度的变化

SRV-4高温摩擦磨损试验机

Optimal SRV-4 high temperature tribotester



是一种用途广泛的摩擦、磨损试验机及润滑油、添加剂性能评定装置。主要用于：

1. 对材料在室温或高温条件下；有润滑或干摩擦条件下的摩擦磨损性能进行测试。
2. 对润滑介质承载能力、高温减摩性能进行评定。

The Optimal SRV tribotester is a standard apparatus widely used in friction and wear tests for performance evaluations of lubricants and additives.

SRV-4的技术指标

摆动摩擦 滚动摩擦

可调整的参数： 可调整的参数：

载荷：1-2000N 及 0.5-200N

频率：1-511Hz 及 0.01-511Hz

行程：0.01-5mm

温度：标准范围 室温~ 350° C

高温选择 室温~ 1000° C

时间：1分钟-999小时 转速：0-2000rpm

旋转试验半径：0-42mm

温度：室温~ 180° C

可测量的数据：

摩擦系数[f]、载荷[N]、行程[mm]、温度[° C]、扭矩[Nm]、转速[rpm]

接触方式：点，线，面 针与盘，盘与盘，球与盘，块与盘

SRV高温摩擦磨损试验机

Optimal SRV high temperature tribotester



是一种用途广泛的摩擦、磨损实验机及润滑油、添加剂性能评定装置。主要用于：

1. 对材料在室温或高温条件下；有润滑或干摩擦条件下的摩擦磨损性能进行测试。
2. 对润滑介质承载能力、高温减摩性能进行评定。

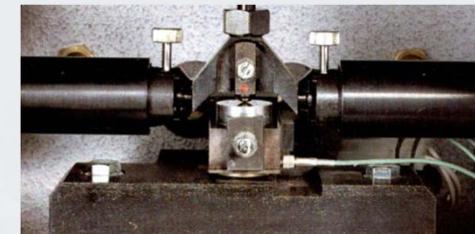
The Optimal SRV tribotester is a standard apparatus widely used in friction and wear tests for performance evaluations of lubricants and additives.



高温加热台

性能指标：

- 加载范围：0~1200N
- 振幅范围：0~4mm
- 频率范围：10~200Hz
- 运动形式：往复式
- 温度范围：室温~500°C、500°C ~900°C（须使用高温附件）



多功能摩擦磨损试验机 Plint TE-92

TE92 微处理器控制型旋转摩擦试验机为落地式摩擦实验机，拥有带力传感器反馈的伺服控制低惯量气动加载系统，拥有带编码反馈的矢量控制速度马达，拥有电磁离合器快速启动系统，拥有带SUPERSLIM系列接口界面的控制与数据采集软件。TE92试验机可以模拟不同的摩擦形式，可在各种温度，速度及压力下进行试验。其实验结果与真实工况结果有很好的关联性。TE92试验机是一款通用测试仪器，可用于新材料和润滑剂的研究与开发工作。这款试验机拥有共线旋转及加载轴，为诸多类型的摩擦学测试提供了一个开放的测试平台，而且相当一部分测试可符合相关国际标准。

- ASTM D3702 自润滑材料滑动接触磨损率标准测试方法(止推垫圈试验机)
- CEC L-45-T-93 传动油品的粘性剪切稳定性 (锥形滚柱轴承装备)
- DIN 51350/1-5 润滑剂测试: 利用壳牌 (Shell) 四球试验机测试
- ISO/CD 11008 石油产品与润滑剂-润滑脂极压性能的确定- 四球
- DIN 50324 摩擦磨损的测量: 固体滑动摩擦试验(球盘系统)
- ISO/DIS 7148-2 轴承材料的摩擦学行为测试
- DIN 51350/6 含聚合物的润滑油品剪切稳定性测试
- ASTM D2266 润滑脂的抗磨特性
- ASTM D4172 润滑流体的抗磨特性
- ASTM D2596 润滑脂的极压性能
- ASTM D2783 润滑流体的极压特性
- IP 239 极压性能: 润滑剂的摩擦与磨损
- IP 300 流体的滚动接触测试
- ASTM G99 销盘磨损测试



载荷范围: 20N到10000N
转动速度: 30 到 3,000 rpm
扭矩: 7Nm (3,000 rpm) ~21 Nm (30 到 1500 rpm)
电机: 2.2 kW 交流 (1500 rpm) 可过载50%长达30秒
加热快功率: 550 W
温度传感器: K型热电偶
振动传感器: 压电陶瓷型, 可调阈灵敏度和截止时间

四球磨损试验机

Four-ball tester



轴向试验力：40N-10KN(无级可调)
加载控制方式：手动加载（液压式）
主轴转速范围：200 - 2000rpm
试样加温范围：室温 - 75℃
摩擦力测量范围：1 - 300N
试验用钢球精度：G10级

该试验机采用滑动摩擦形式，在极高的点接触压力条件下，评定润滑剂的承载能力，包括最大无卡咬负荷PB，烧结负荷PD，综合磨损值ZMZ等三项指标：

1. 最大无卡咬负荷PB(代表油膜强度)：在规定的试验条件下，上下钢球之间不发生卡咬的最高负荷。
2. 烧结负荷PD(N)：使钢球发生烧结的最低负荷级别称为烧结负荷，它代表润滑剂的极限工作能力。
3. 综合磨损值ZMZ：又称综合磨损指标，平均赫兹负荷，负荷—磨损指数等。是润滑剂抗极压能力的一个指数。它等于若干次校正负荷的数字平均值，ZMZ值越大，表示润滑剂抗磨损性能越高，它对极压添加剂有很强的区分能力。

Four-ball tester use sliding friction perform bearing capacity measurement of anti-friction material in extraordinary high point-contact pressure. The result include max non-jammed load (PB), sintering load (PD), synthesized wear value (ZMZ).



材料表面加工与改性类

真空镀膜系统

Vacuum Deposition System



离子镀膜技术是当今世界最先进的表面技术之一，它用途广泛，适应性强，具有靶材离化率高、镀膜速度快、膜层附着强度好、沉积温度低、对环境无污染等特点。该设备可用于沉积硬质涂层，如TiN、ZrN、CrN、MoN等，及多元复合膜如TiAlN及TiCrN等。

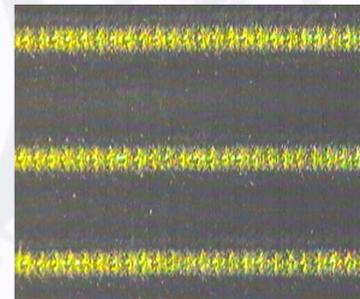
The system can be used to prepare thin solid films of metals and compounds such as Cr, Ti, Al, Mo, TiN, ZrN, CrN, MoN and etc.. The film thickness varying from tens nanometers to several micrometers, depending on deposition parameters.

自行研制的激光诱发表面改性系统

Self developed laser induced Surface modification system



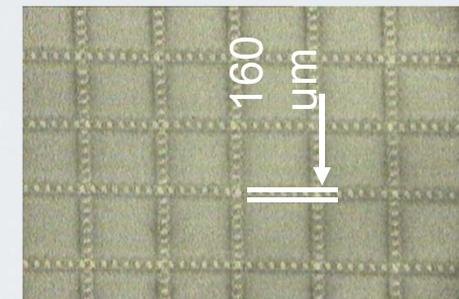
利用激光诱发的原位化学反应，可以实现特定区域的表面改性，在获得所需要的表面形貌的同时在激光作用区域获得所需要的表面物质。



Ti的局部改性
(黄色区域为TiN)

By properly selecting processing parameters, surface modification (new substances and desirable surface topography) could be realized by laser induced local chemical reactions.

Al的局部改性



表面镀膜系统

LAD300-I Laser Arc Deposition System



采用高能脉冲激光束，通过真空放电弧将激光束蒸发靶材产生的微粒激发成具有较高能量的离子沉积在基体上。利用该技术可以在较低的温度下，制备出高质量的类金刚石，金属单质，陶瓷，合金等多种单一或多层膜。通过设定激光引弧次数可以实现薄膜厚度的精确控制，是开展纳米薄膜技术研究的重要手段。

Excited by both pulsed laser and vacuum discharge arc, the particles with high energy are initiated from the target material and deposited onto the substrate surface. Laser Arc Deposition (LAD) could be used to prepare mono-layer or multi-layer films of various materials like metals, alloys, ceramics, DLC and etc.. The film thickness could be accurately controlled by setting the laser ignition pulse cycles.