

是德科技
纳米测量技术

扫描探针显微镜
AFM/SPM



概述

公司背景

是德科技有限公司 (Keysight Technologies, Inc.)，原安捷伦电子测量事业部，是 2014 年 8 月安捷伦科技公司以免税剥离其电子测量业务的方式而成立的一家新公司，是全球电子测量技术和市场的领导者，2014 年 11 月在纽约重新挂牌上市。

Keysight Technologies 是德科技是全球最大的测量测试系统的供应商之一，拥有超过 20 年的原子力显微镜生产和研究经验的供应商，成熟的工艺保证了 Keysight Technologies 的原子力显微镜具有良好的稳定性和可靠性。

Keysight Technologies 是德科技拥有广泛的用户群，在高端原子力显微镜成像领域内拥有很高的市场占有率。

产品技术水平

是德科技致力于为您提供最先进的测量技术和仪器，特别是高精度、模块化的扫描探针显微镜 (SPM)，它适用于多种学科，且可以进行交互平台的操作。

当你选择是德科技的纳米测量产品时，你也就选择了一个可信赖的研究伙伴。是德科技长期致力于纳米测量技术的创新研究。是德科技最先解决在液态环境和可控气氛环境中的 SPM 成像技术，同时也长期在液态成像和软样品成像技术上处于领先地位。依托是德科技近 70 年电子测量的技术积累，我们在现有的原子力技术上又开发出来最新一代、低噪宽频的调频、调幅表面电势和压电响应测量技术，以及是德独有的、全新的扫描微波成像技术，为原子力显微镜的应用开辟一个全新的研究领域，2000 年以后是德已经多次获美国 "R&D100" 奖项，真正成为行业中技术研发的领头羊，成为新技术开发的标杆企业。在 SPM 相关领域，我们长期保持着超过 40 项的专利技术。同时，是德科技顶尖的研究队伍保证我们对新技术的不断追求，并不断推出更多更新更便于操作的扫描探针显微平台。基于是德科技的扫描探针显微镜，已经有超过 2500 篇论文在各类刊物上发表，受到相关同行的广为关注和好评。这也更进一步的验证了我们产品的高性能和高度的可靠性。

售后服务和技术支持

Keysight Technologies 公司在纳米测量技术领域拥有优秀的售后服务和技术支持团队，在国内配备本土原子力显微镜方面的技术专家，在业内拥有良好的口碑。

Keysight Technologies 公司在中国拥有自己的纳米科学示范实验室，并有专职的应用专家在实验室工作，负责用户的应用技术支持工作。

Keysight Technologies 公司还定期地举办高级用户培训班，由公司的应用科学家为不同学科的用户进行各个领域应用的深层次培训。

最新一代多功能 / 快速扫描测试平台

Keysight 9500AFM/SPM



是德科技 9500 原子力显微镜完美的整合最新的操作软件、全新的高带宽数字化控制器，采用先进的机械结构设计，提供超快的扫描速度和操作便利性。是德科技 9500 原子力显微镜专为科学研究和工业研发用户而设计，非常适合扩展原子力显微镜在材料科学、生命科学、高分子科学和电学特性表征等领域中的应用。

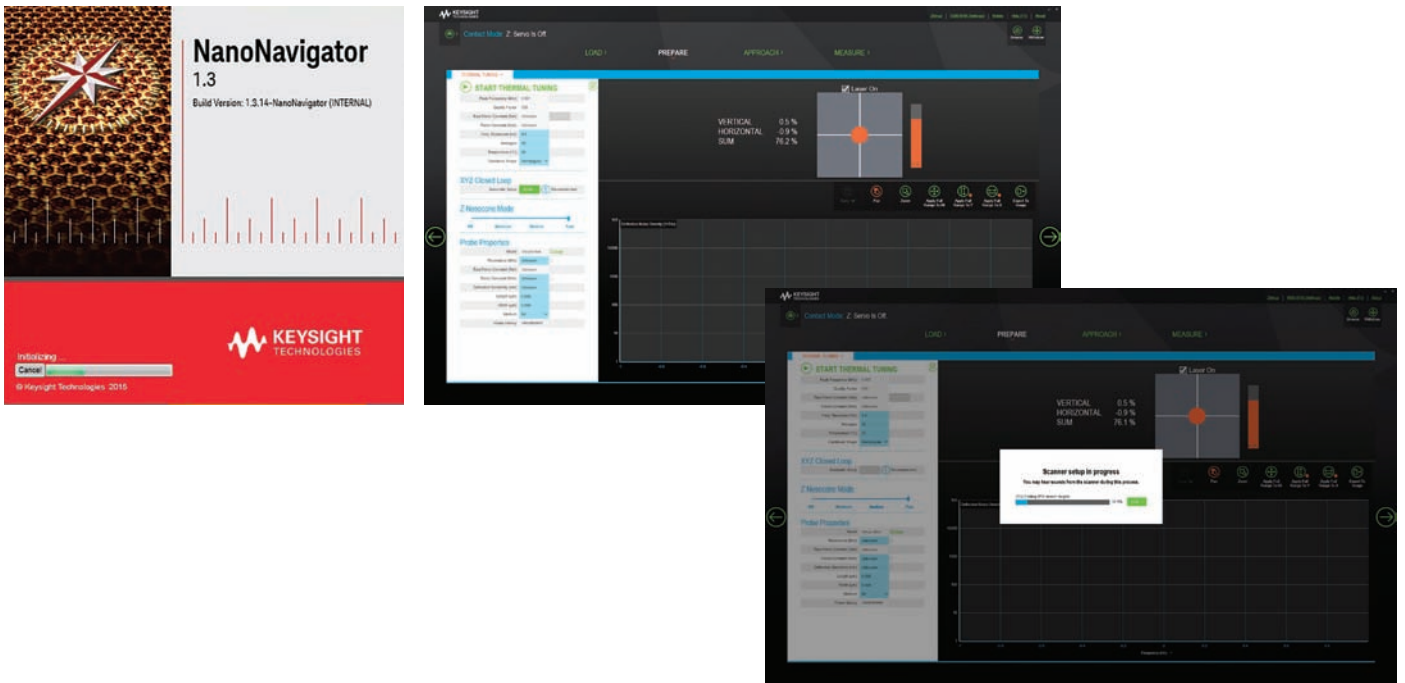
借助是德科技新推出的快速扫描（Quick Scan）技术，9500 原子力显微镜可以实现业界一流的扫描速率，在 256*256pixels 的条件下，扫描速度最快可以达到 2 秒 / 帧。Quick Scan 是一个系统选件，由是德科技新推出的功能强大的成像和分析软件包 NanoNavigator 来控制。除了支持 Quick Scan 功能以外，NanoNavigator 软件还能使用新增的 Auto Drive 功能来自动优化 9500 全部参数的设置，帮助研究人员节省宝贵时间。AFM 新用户和专家用户都可以使用 NanoNavigator 中基于工作流程的图形用户界面，这个高效的界面提供直观、引人注目的视觉信息，可以指导用户逐步地完成系统设置和操作。更为方便的是，NanoNavigator 的智能手机 / 平板电脑移动应用允许用户远程监控在 9500 上运行的 AFM 实验。

是德科技 9500 系统提供一个大范围（90 μm ）闭环 AFM 扫描器获得原子级分辨率成像，能够提供业内领先的环境控制和超高精度的温度控制等特性。9500 在液态、气态和大气条件下能够提供出色的成像。研究人员还可以使用 9500AFM 实现单程纳米级电学性能表征。借助高带宽、基于 FPGA 的数字控制器，9500AFM 可以确保在高速操作时的高精度，且无需添加额外的外置控制箱。

是德科技 9500 原子力显微镜优化的结构设计，可以让研究人员快速、方便地获取他们的样品。系统的标配探头支持超过 6 种最常用的 AFM 成像模式，根据需要可轻松地与特定探头更换，以实现 9500 AFM 的功能扩展。

优势：

- 全新的 NanoNavigator 软件
- 高带宽，基于 FPGA 的数字控制器，保证高速高精度
- 90 μm 闭环扫描器进行原子级成像
- 杰出的环境和温度控制
- 可在液态、气态，以及大气条件下成像
- 单程实现纳米级的电学性能表征
- STM 扫描器对导电材料进行研究



全新的 NanoNavigator 软件

是德科技长期研发和销售业内领先的原子力显微镜，经过二十多年的知识和经验积累，最新推出 NanoNavigator，全新的成像和分析软件包。

NanoNavigator 软件大大简化了整个操作过程。在对各种参数的设定过程中，通过灵活简单的操作，完美实现各种实验。同时，软件也支持快速扫描技术，能将原子力显微镜的扫描速度提高到业内一流的 2 秒 / 帧 (256*256pixels)。NanoNavigator 软件还能使用新增的 Auto Drive 特性来自动优化全部参数的设置，帮助研究人员节省宝贵时间。

NanoNavigator 的易操作性，帮助新用户能快速上手操作原子力显微镜系统。在装上探针后，用户只需要在软件中输入探针类型，Auto Drive 功能将完成余下的所有工作，在几秒钟内自动设定、优化所有参数，包括 I 和 P 的增益。

当出现某些特殊的试验要求，而不选择使用默认的参数时，NanoNavigator 软件对试验也是很有帮助的。原子力显微镜的新用户或专家用户都能从新软件基于工作流程的图形工作界面中获得惊喜。全新的图形化工作界面，通过简单易懂的图形按钮，逐步指导用户完成系统设置和操作。更为方便的是，NanoNavigator 的智能手机 / 平板电脑移动应用，允许用户远程监控在 9500 系统上运行的 AFM 实验。

高分辨多用途测试平台

Keysight 7500 AFM / SPM

7500 AFM/SPM 作为最新一代高分辨多用途平台，设定了全新的性能、功能和易用性标准，可以轻松实现纳米级的测量、表征和操作。7500 AFM/SPM 系统实现了对现有原子力显微镜的扩展，提供最先进的 90um 闭环扫描控制，高精度温度与环境控制，以及无与伦比的电化学能力，等。7500 AFM/SPM 结构设计紧凑优化，研究人员可快速方便的研究他们的样品。标准探头可支持各种不同的 AFM 成像模式，也可根据需要更换特定的探头，轻松实现功能扩展。



优势

- 90um 闭环扫描器进行原子级成像
- 杰出的环境和温度控制
- 可在液态、气态，以及大气条件下成像
- 单程实现纳米级的电学性能表征
- 无与伦比的电化学能力
- 优越的纳米刻蚀及操纵能力

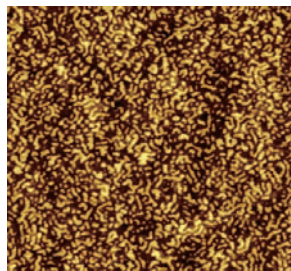


图 1 对甲苯蒸汽退火 2 个小时前后的共聚物 PS-b-PB-b-PS 进行成像，扫描范围 2um*2um

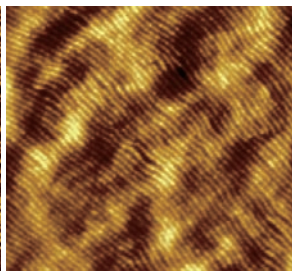


图 2 闭环接触模式对云母进行扫描成像，扫描范围：10nm

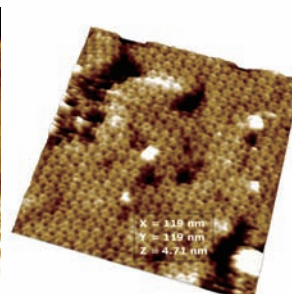
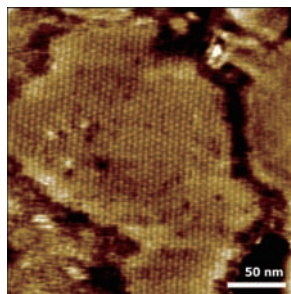
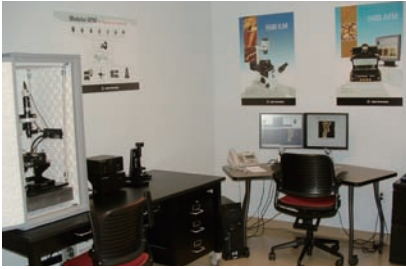


图 3 闭环 MAC 模式对溶液中的六边形结构的细菌视紫红质分子进行成像，样品的重复单元大约为 6nm，单个起伏小于 0.8nm

行业最经典的高分辨多用途平台

Keysight 5500 AFM / SPM



是德科技的 5500 AFM/SPM 多功能扫描探针显微镜是用于学术和应用研究中功能最多样化的扫描探针显微镜。原子分辨、独特的优势、真正的模块化设计能满足您最多样化的需求，灵巧简单的组合就可提供您一台最个性化的 SPM 系统，帮助您轻松实现多模式、多功能精确成像且使用简便、性能可靠。对于生物学家、化学家、材料科学家、物理学家或其他科研人员来讲，5500 AFM/SPM 是一个非常理想的选择，既能提供多场控制下的高清晰图象、又可以提供与其它研究手段，如铁电仪，多功能热分析仪，激光共聚焦，拉曼显微镜等装置的联用的功能。

是德科技 5500AFM/SPM 为实验室提供了模块化的解决方案，包括显微镜部分、多达 4 种 XYZ 扫描器。为了降低机械噪音，5500 采用刚性材料和刚性结构设计。扫描头集成紧凑，采用专利的钟摆设计，利于保持平衡，使 XY 耦合降到最低，同时明显减少蠕动和滞后现象。

是德科技 5500AFM/SPM 采用低干涉激光、小尺寸束斑等技术来获得低干涉成像。扫描头激光的位置可以确保激光始终聚焦在悬臂梁相同的位置上。在非常敏感的测量中，该位置可以提供绝对的准确度（力的测量过程中），有助于消除假象。

是德科技 5500AFM/SPM 带有功能多样的环境控制。在成像中可以方便的通入各种实验需要的惰性气体，反应性气体，高湿度实验气体，腐蚀性气体等等，并可以结合变温，电化学，液相和可变电磁场的成像。同时，可以确保用户在特定环境下制样，真正实现原位控制和成像。

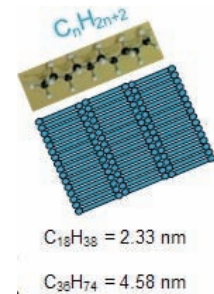
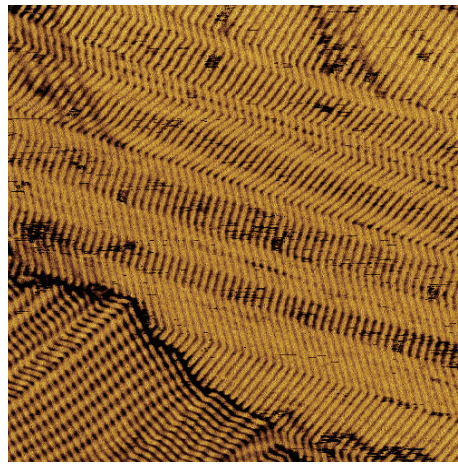


图 4 AAC 模式对正烷烃进行高分辨成像（左图：C18H38，扫描范围 20nm，中图：C36H74，扫描范围 350nm，右图：正烷烃在石墨基体上的分子排列示意图）

是德科技高分辨大样品测试方案

多功能高端型 Keysight 5600LS AFM/SPM



最新一代的 5600LS 是集成了是德科技所有最新的研发技术，分辨率高、稳定性好、热飘小、整体良好的市场口碑。

5600LS AFM/SPM 是独一无二的、高精度、大样品台原子力显微镜。它也可与 STM 扫描器配合使用，既可以在空气环境中对大样品进行高精度的成像扫描，又可以在液态环境下（温度可控），对小型样品进行高精度成像。它配有 200mm 的真空吸盘，样品直径尺寸最大可至 8 英寸，厚度可达 30mm。根据需要，5600LS AFM 也可安装 12 英寸硅片，或是同时安装 12 片 2 英寸硅片。

优势

- 实现原子级的分辨率
- 智能成像控制，用户可以提前存入相应的测试位置点，最高可存入 99 个点，可以以相同的参数对每一个点进行测试，并可完成图像拼接。
- 先进的扫描控制——24 位的 DAC 控制
- 样品台纳米级的步进精度，且全闭环控制
- 全新的样品台——具有目前面世的最好的重复定位精度
- 特殊的设计，能提供超小的热漂水平
- 极致的自动化设计，操作非常简单
- 方便的适用于 8 英寸或 12 英寸的样品
- 独特的内置光学定位系统，定位更准确，且全自动缩放和聚焦。

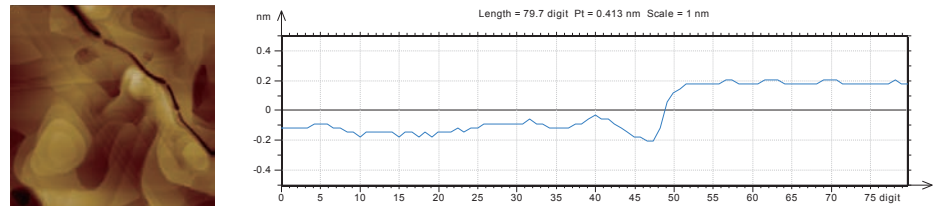
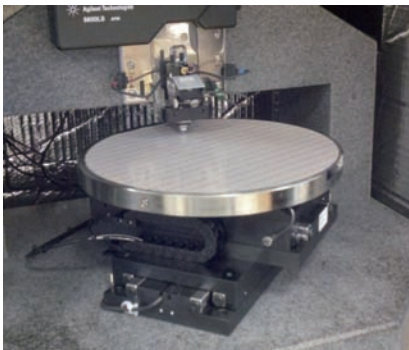


图 5 对 Au(111) 表层的单原子台阶进行高精度成像

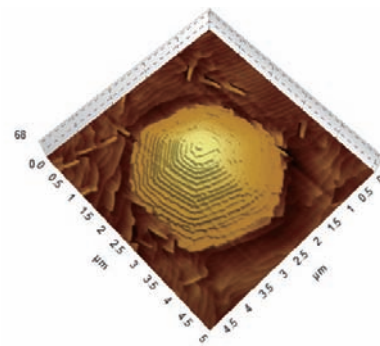


图 6 对通过 MOCVD 在蓝宝石表面生长的 GaN 台阶进行成像

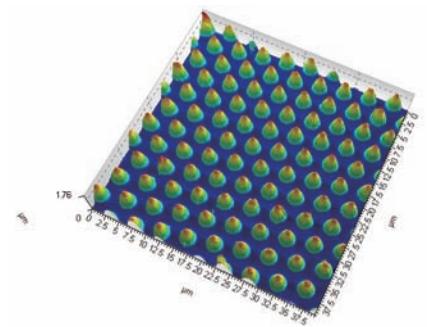


图 7 PSS 的 3D 图像

生命科学领域的解决方案

Keysight 9500ILM & 7500ILM & 5500ILM AFM

是德科技 AFM 系列都可以选择配有专用接口平台，可方便地将高精度 AFM 成像部件直接与各类倒置显微镜联用，从而实现多种显微手段同时成像，既可以得到光学的明场像、暗场像、荧光图或激光共聚焦图，又可以轻松获得原子力图像；对用一个样品的同一个位置同时原位得到高衬度的光学图和高分辨率的 AFM 图，这是生命科学领域用户最心仪的显微解决方案。是德科技 AFM 还具有很强的兼容性，可与各个厂商的倒置显微镜和激光共聚焦联用，也可支持 FRET，暗场和明场成像多种光学附件功能。

优势

- AFM 和光学（荧光）显微镜同时成像
- 独特的 MAC 模式和样品台设计，便于液态成像操作
- 特殊的结构设计，用户可直接调整样品台
- 真正模块化设计，大大提高系统的灵活性

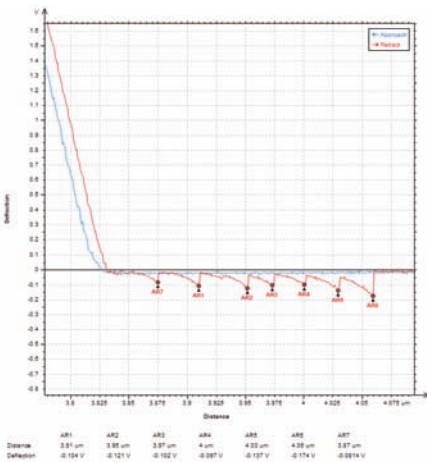


图 7 变性肌联蛋白的单分子力谱

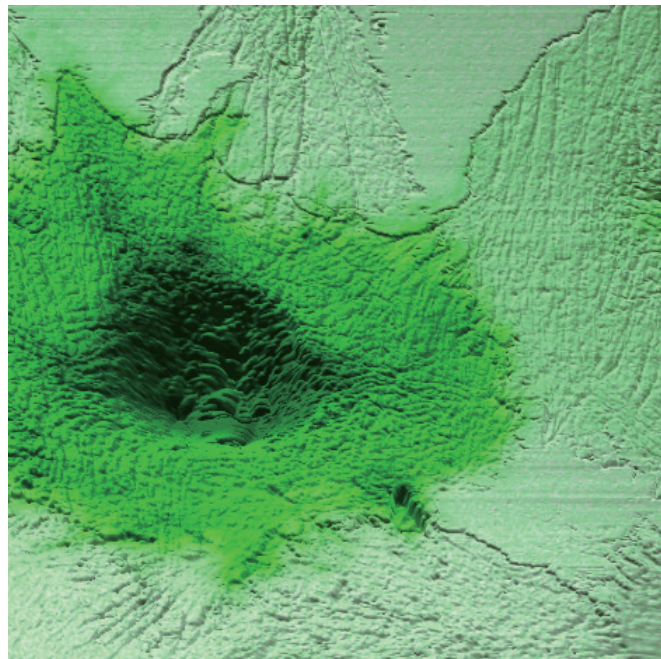


图 8 将 HBSS 中的活体 ECV 细胞的荧光图像与 MAC 模式得到的 AFM 图像进行重叠 (90µm 扫描)

高分辨成像分辨能力

是德科技原子力显微镜具有行业内最高的成像分辨能力。高性能的 AFM/SPM 测试平台，配备多模式的扫描器并内置最新的低干涉技术，低于 0.03nm 的系统噪音水平，可以确保我们的每一台扫描探针显微镜，均轻松的获取到 AFM 和 STM 的原子像。

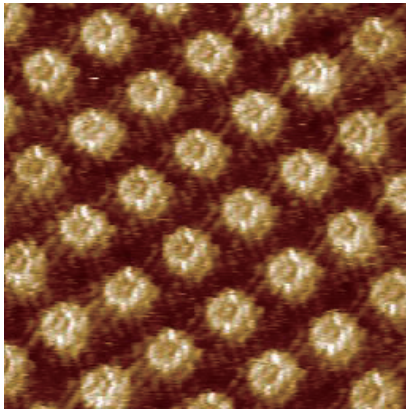


图 9 在 HOPG 上的多层六苯并的 STM 图像 (18nm 扫描)

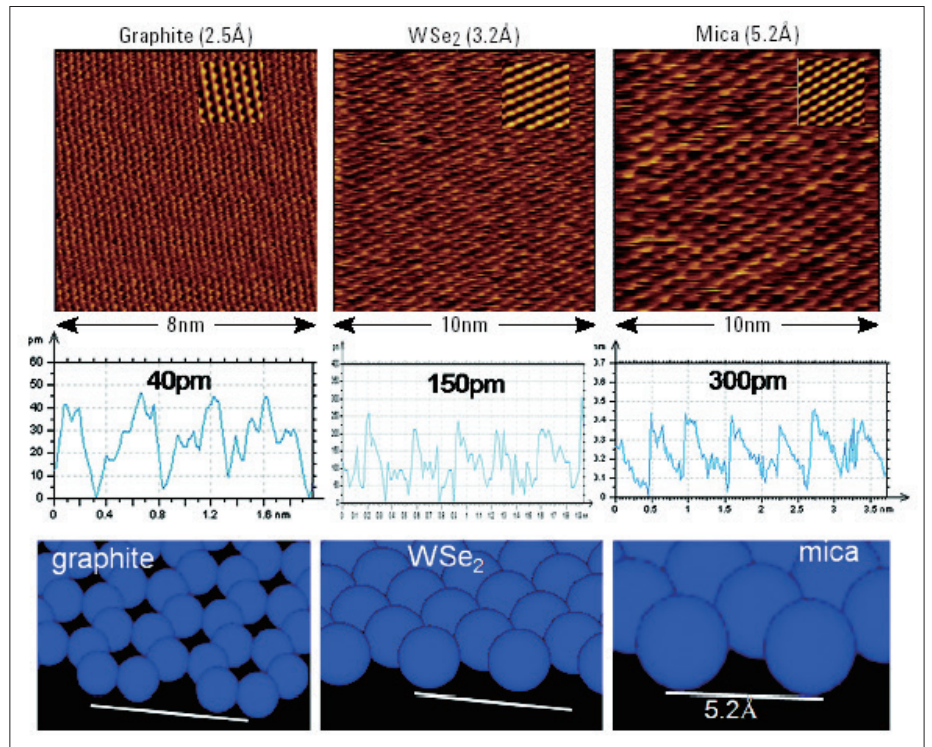


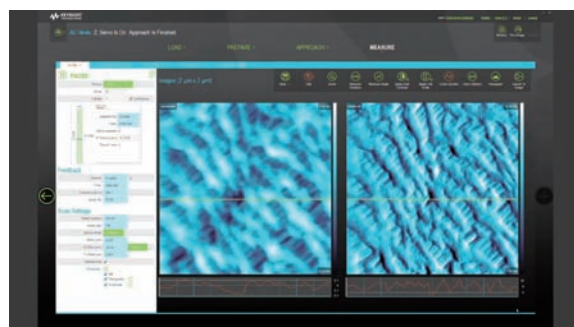
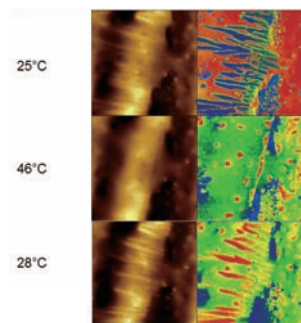
图 10 上图和中图 - 通过接触模式获得的三层结晶的图像和轮廓；下图 - 碳、铼、钾原子晶体表面结构的三维表征 (3*3 大图)



- Proprietary dual stage piezo for Z scanner
- Crossover functionality for splitting piezo work
- 特制的钛合金探头
- Proprietary Pre-mounted probes

是德科技最新快速扫描技术——达到 2 秒 / 帧

PDES 快速扫描成像示例

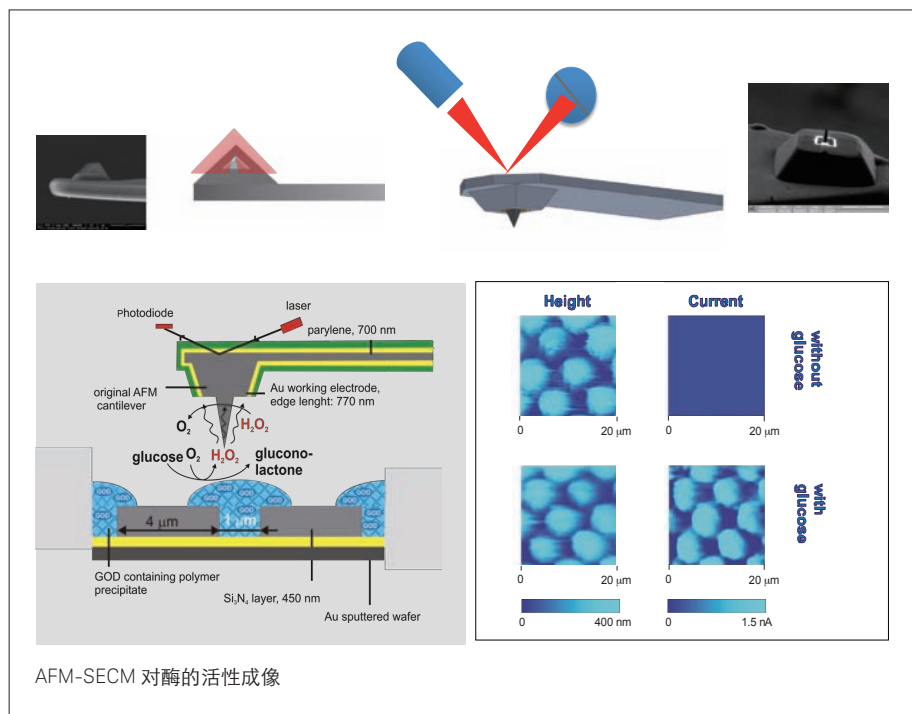


- 9500AFM
- 快速扫描专用探头
- 4um 扫描范围
- 10 秒 / 帧

扫描电化学显微镜 SECM

是德科技最新的原子力显微镜技术配合 SECM 模式，是一个全新的技术手段帮助研究人员在导电材料和绝缘材料上进行扫描电化学显微镜 (SECM) 成像。SECM 模式的核心在于创造性的、操作简便的 EC SmartCart，它在传统预制的 AFM 探针上额外增加一个纳米电极，通过出厂前测试，用户直接得到可以进行 AFM-SECM 的探针。只要在特制的探头上装上该探针，用户就可以立即进行 SECM 测试，省去了繁复的事先设定工作。

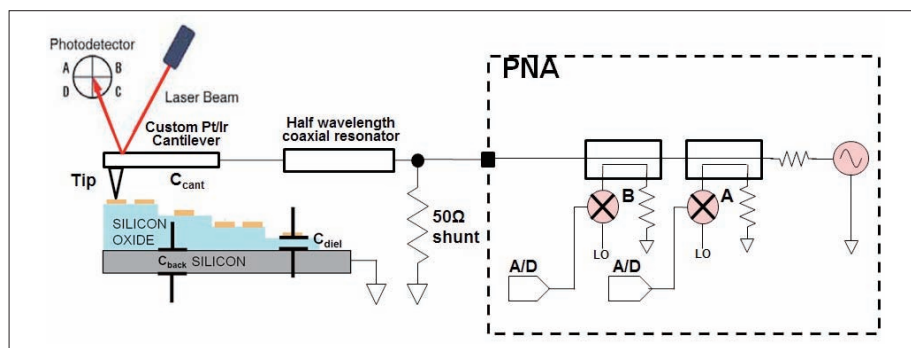
是德科技 EC SmartCart 探针适合于进行高分辨的形貌成像，而且可以通过探针上的电极，同时收集样品的电化学信息，因此研究人员可以同时获取样品的固有特性。通过微加工技术而制得的多功能探针，保证了探针上的电极和样品表面恒定保持在一个设定的距离，从而提高性能。



新一代的半导体特性检测平台——是德科技独有的专利技术

扫描微波原子力显微镜

在纳米尺度上检测材料的物理特性，比如扩展电阻、电容、介电常数、掺杂浓度等，在材料和微半导体器件研究有着越来越多的应用。这种检测不同于常规的通过形貌直接获取样品信息的研究方法。在很多情况下，这些特性都与材料的亚表面结构相关，并不会直接显示在样品表面，这就需要通过全新的研究手段来“透视”样品。



是德科技推出了革命性的新一代 SPM 成像平台——扫描微波原子力显微镜 (SMM)，其工作原理是一个微波信号从网络分析仪中发出，通过谐振电路，送到在扫描过程中与样品接触的导电 AFM 探针上。该探针同时收集从样品接触点反射回来的微波信号，然后将收集到的微波信号再送回网络分析仪。通过测量从网路分析仪获得的复反射系数，最终可得到每个样品表面扫描点上的半导体参数的绝对值，在获取材料表面半导体特性图像的同时，也能实时同步获取到样品的表面形貌像。

美国国家标准技术局 (NIST) 专门是为是德科技的扫描微波原子力显微镜 (SMM) 开发了各种半导体参数的标准样品，使得 SPM 技术第一次由定性测量进入定量测量的全新时代。

最新的扫描微波成像平台已经微型化为一个专用的成像探头，可以与是德科技当前的所有 AFM/SPM 系统配合使用，大大提高了扫描微波原子力显微镜的使用便利性。

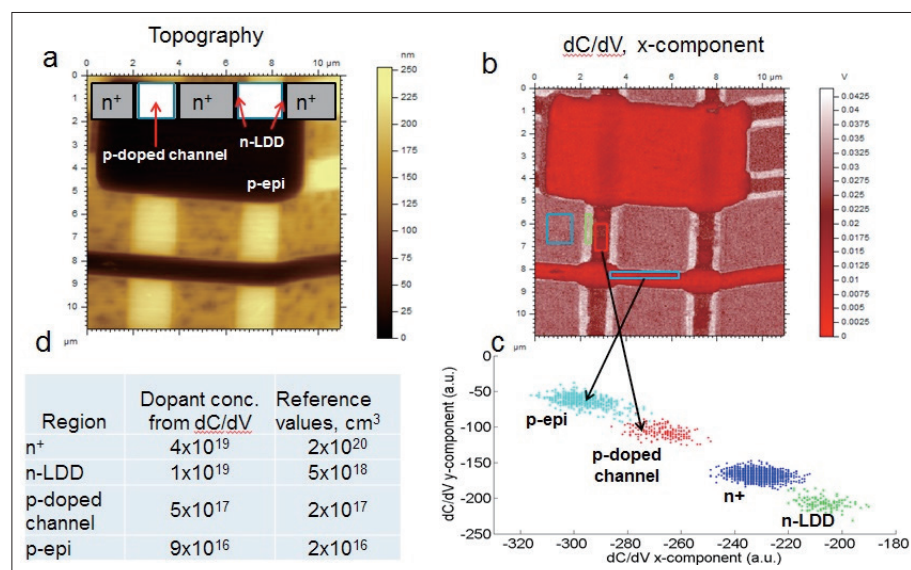


图 11 通过对比 n 型掺杂区域和 p 型掺杂区域，对 SRAM 单元的杂质变化进行比较

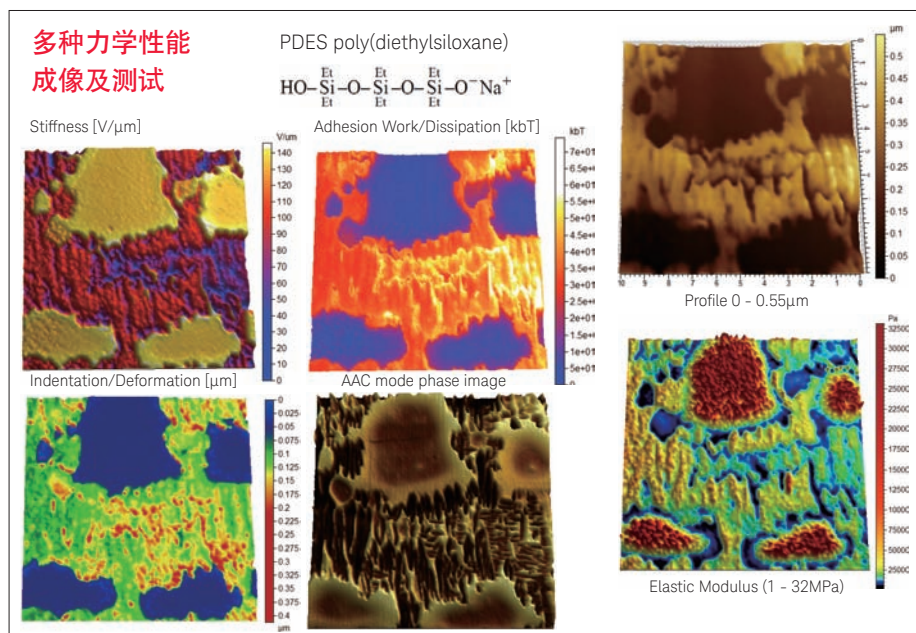
AFM 机械力学测试方案

在不同的环境下来测量探针与样品表面的作用力，从而可以获得样品表面的纳米机械性质，包括样品的定域粘附力或弹力（柔性）等方面的信息。原子力显微镜的表面粘弹性成像可以很好地揭示样品不同区域机械性能的差异，被广泛用来研究薄膜和生物分子的力学性质。

是德科技推出全新一代基于 AFM 力曲线技术的材料力学性能测试平台 -- 表面粘弹性成像 (Force Mapping)。其工作原理是将 AFM 影像扫描时的每一点都做力 - 距离曲线的测量，计算力 - 距离曲线中接近曲线的斜率变化量，得知扫描器移动的距离与微悬臂的偏转量，并结合接触力学模型，可得到样品被扫描区域每一点的弹性系数。若探针与样品表面具有特异性的吸附力时，则可计算力曲线中缩回曲线的粘附力变化，进而得到样品表面每一点与探针间粘附力的大小。

优势

- 同步给出表面粘附力图像，表面粘附功图像，表面弹性模量图像及压入深度图像
- 基于力曲线测试的接触点选择
- 表面任意选择点的粘弹性计算 (Flexgrid)
- 软件标准集成并可用于计算弹性模量的接触力学模型有：Hertz model, JKR model, DMT model
- 开放式的脚本编辑平台 (PlugIn)，基于 Python 语言的编译环境，方便用户自行嵌入接触力学模型来计算材料表面弹性模量，在很高程度上增强了表面粘弹性成像原子力显微镜的使用便利性。



全新一代的调频调幅 KFM, EFM 和 PFM 成像技术

是德科技成功地首次将最新多频测量技术应用到了材料表面电性能的成像中，为该研究领域的科学家们提供了最强有力的测量平台。可自由定义的多锁相通道技术极大的提高了测量的精度和成像速度，而多频技术的应用更是轻松的将形貌信号和电学信号剥离开来，完全消除了它们之间的交叉干扰。该技术既可对亚分子结构进行扫描成像，又可高精度地表征样品的力学性能和电磁响应。为了提高电学性能，该模式也可以配备辅助信号控制器，方便地同时进行单次、高精度敲击模式成像，调频调幅电学性能成像、表面电势成像、压电响应成像以及高次谐波的成像。

优势

- 单次、多通道、高精度的电学性能扫描
- 三锁相放大器，满足多种功能需求
- 多种频率范围，高达 6MHz，满足高谐波模式要求
- 嵌入式 Q 控制，强化波峰
- 灵敏度更高，成像速度更快
- 重现性更好

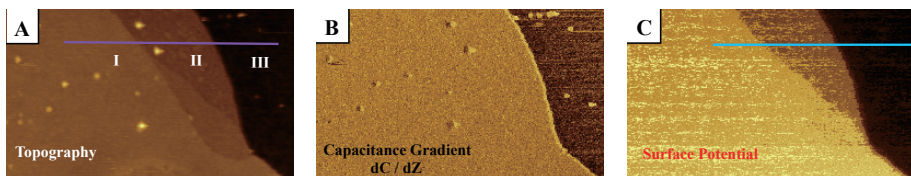
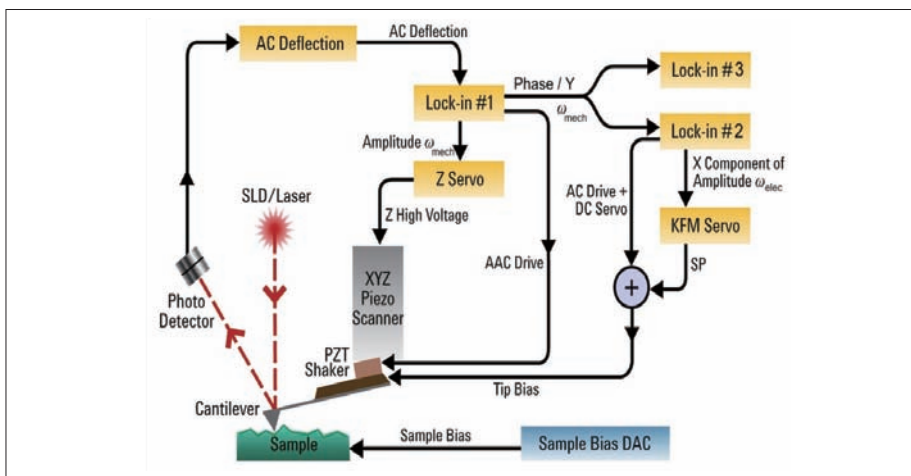


图 12 石墨烯的形貌图、dC/dZ 图、表面电势图

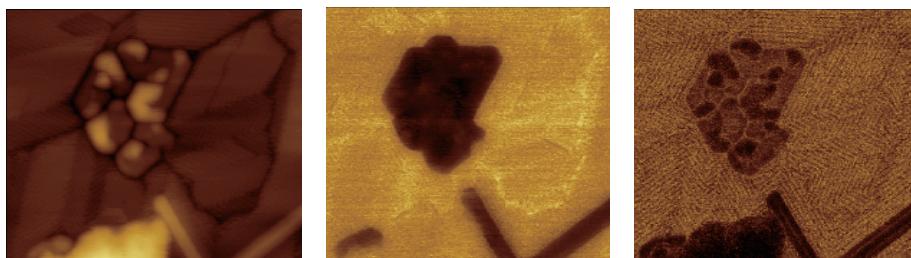


图 13 HOPG 上的 F14H20 聚合物层的形貌图、表面电势和 dC/dZ 图

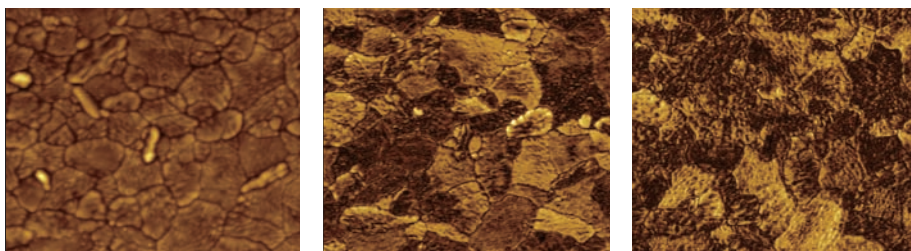


图 14 SrBiTaO 薄膜铁电畴取向的形貌图和 PFM 图

专用的软样品成像模式 (MAC Mode)——是德科技独有的专利技术

Magnetic AC (MAC) 模式使研究者可以解决其它 AFM 系统无法解决的亚分子结构成像问题，它尤其适用于需要高分辨成像和对力敏感的应用领域，如生物学，高分子和表面科学的研究。

使用的针尖的振动频率可以远低于同行业公司所用的针尖，有效的弥补了传统意义上的间歇式振动模式的使用局限性，消除了液体扰动的影响，真正的实现在液体中的自由成像，使液体中成像质量得到显著的提高。

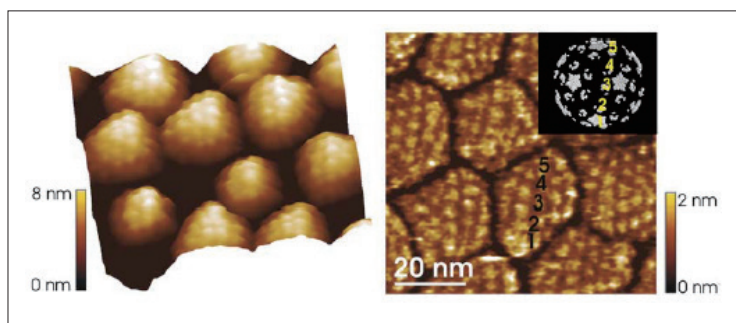
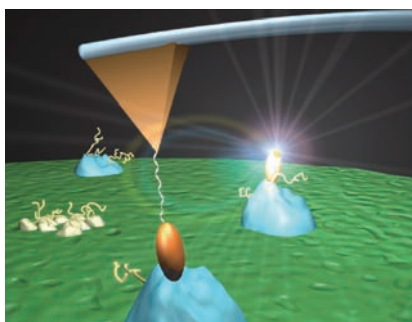


图 15 在液体中鼻病毒体的 MAC 图，其中单个蛋白质清晰可见

分子识别 (PicoTREC) 成像模式——是德科技独有的专利技术



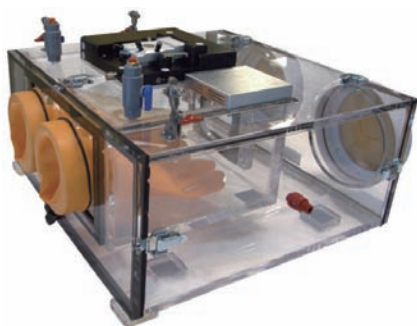
PicoTREC 分子识别成像技术，帮助研究人员快速识别分子级别的相互作用力。它通过探测两种物质的分子键是否发生相互结合，来快速识别样品上感兴趣的官能团。该系统可以辅助许多高端的 AFM 力谱分析应用，比如力 - 距离曲线研究，还可以生成表面附着力和分子识别图谱。

优势

- 快速识别分子和官能团
- 通过分子键的反应，捕捉分子及其合成物
- 快速得到高精度的结果

应用：研究生物系统的动态性质

- 抗体 - 抗原
- 配体 - 受体
- 药物 - 受体
- DNA- 蛋白质
- DNA-DNA



环境控制功能

在一个无法控制的环境中,AFM 图像和数据的可重复性和真实性可能会受到严重的影响。

成像环境湿度会对具有反应活性的或湿度敏感的样品的结构形貌及性能产生影响,而氧气则会使电化学测量出现偏差以及敏感的分子结构发生改变。5500, 7500 和 9500 系列 SPM 能够对各种成像条件进行全面控制:包括气氛、温度、湿度、液相以及电化学环境。

气氛控制

安捷伦独特的 Top-down 探针扫描设计,可以确保只有样品和探针处在一个完全密闭的气氛腔中,且在该腔室中没有任何电气和电路部分,用户可以通入任何样品和探针能承受的气体:相对湿度超过 98% 的湿润气体、有害气体、惰性气体和高腐蚀性气体等以实现真正为用户实现各种成像环境的模拟,真正的实现 SPM 的原位成像功能,而且操作非常方便。

- 多功能环境控制系统设计简单,适用于多种试验要求,包括多种极端恶劣的实验条件
- 操作方便,装配简便快速
- 保护样品远离外部环境的破坏和污染
- 保证试验结果的重现性和一致性

温度控制

是德科技 SPM 系列产品均可配置采用是德科技专利 U 型带有温度补偿设计的变温样品台,能有效地消除在变温过程中样品热胀冷缩带来影响,同时变温部件不与任何扫描硬件及电子部分相接触,从而将可能的热漂移降到了最小。温度范围从 -35 度到 250 度可控,直接对用户的培养皿或材料样品进行变温控制,精度最高可达 0.025K,且不会对扫描部件和系统带来任何漂移,实时变温原位成像。可以在不改变样品温度的情况下更换扫描器,真正保证了原位成像。

该变温装置可与安捷伦所有型号、所有的成像模式及所有的扫描器同时工作,包括气氛控制腔和电化学功能。

液相控制

特别的 Top-down 探针扫描设计,可以确保用户方便地将液体成像和环境控制以及温度控制结合起来,在生物和电化学研究领域处于领先地位。

独特的液体池设计,实用且操作简便,易于清洗,有效的防止气泡的产生,密封良好不漏液,耐腐蚀,既可以很好的应用到电化学研究和薄膜领域的研究,又可以方便地应用到容易产生挥发和有害气体的实验中,在生物芯片研究中也具有广泛应用。

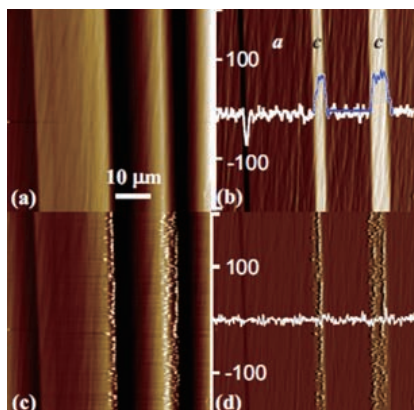


图 16 湿度对 BaTiO3 晶体表面不同电畴的影响

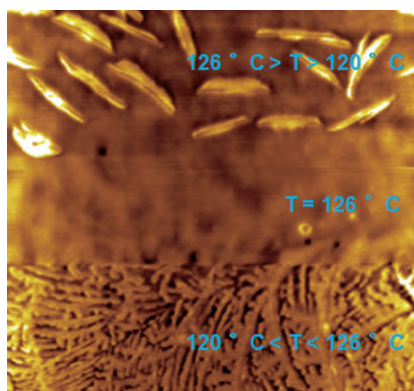


图 17 在加热控制下,石蜡的相变

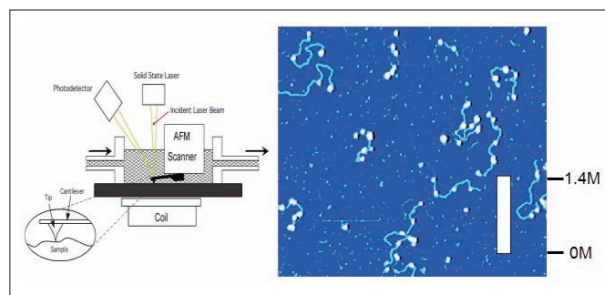
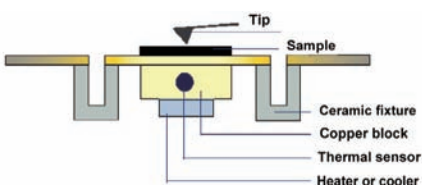
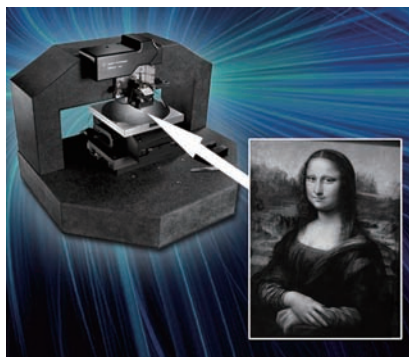


图 18 通过液体流量控制, MMTV 启动子染色质的盐导变化

真正的纳米刻蚀和操纵平台



PicoLith 软件具有超强的刻蚀和操纵功能，结合是德科技原子力显微镜精确的闭环控制功能，多场成像功能，能方便稳定的实现各种机械刻蚀，化学刻蚀，电学刻蚀等功能，同时也可以轻巧地实现各种纳米级的操纵活动。

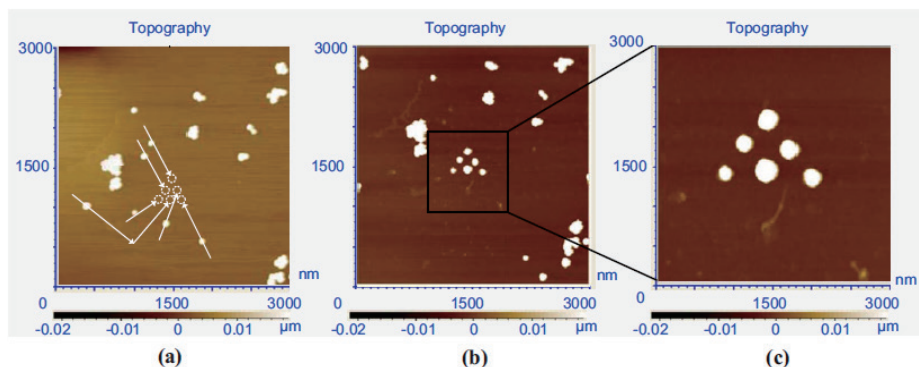


图 19 6 个颗粒组成的三角形的操作过程：a 初始设计模型，b 最终结果，c 放大结果

优越的电化学功能

由于是德科技电化学系统无可比拟的性能和完全的环境控制，适用于各个研究领域，如固液界面的基础研究，腐蚀和电池应用研究等，是德科技电化学 SPM 已成为电化学专家们的第一选择。

低噪声恒电位 / 电流仪为原位电化学 SPM 研究，包括 ECSTM 和 ECAFM，提供了很大的灵活性。将电化学与温度控制相结合，可获得一般无法获得的有价值信息。加入环境控制使成像可在不含氧的水溶液和非水溶液中进行。用户也可进行电化学控制下的 STM I/V 曲线描绘。在电化学溶液池中加入一个微型 Ag/AgCl 参比电极，可以实现对样品稳定的电化学电位控制。

上置扫描器保证样品和溶液池简单加载和控制。STM 和 AFM 扫描器适用于同一显微镜，且扫描器间可以自由更换，因此，可以使用不同技术对同一样品进行观察研究，或者选择不同精度的扫描器进行研究，而不需要重新拆装样品和溶液池。

扫描器与样品腔隔离的设计，保证扫描器不会受到化学污染的影响，所以是德科技 SPM 系列可以被用在各种具腐蚀的、挥发性的实验环境中。

所有的溶液池选用特氟隆材质，保证抗腐蚀且无泄漏，装配简单，在精密的电化学试验中，可以进行酸洗。适用于几乎所有的液体、水溶剂和非水溶剂。此外，流通池和环境控制可减少污染和溶液挥发。

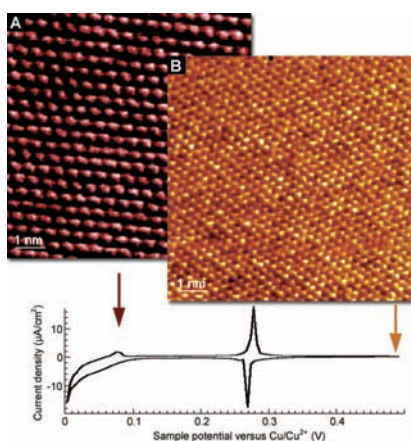


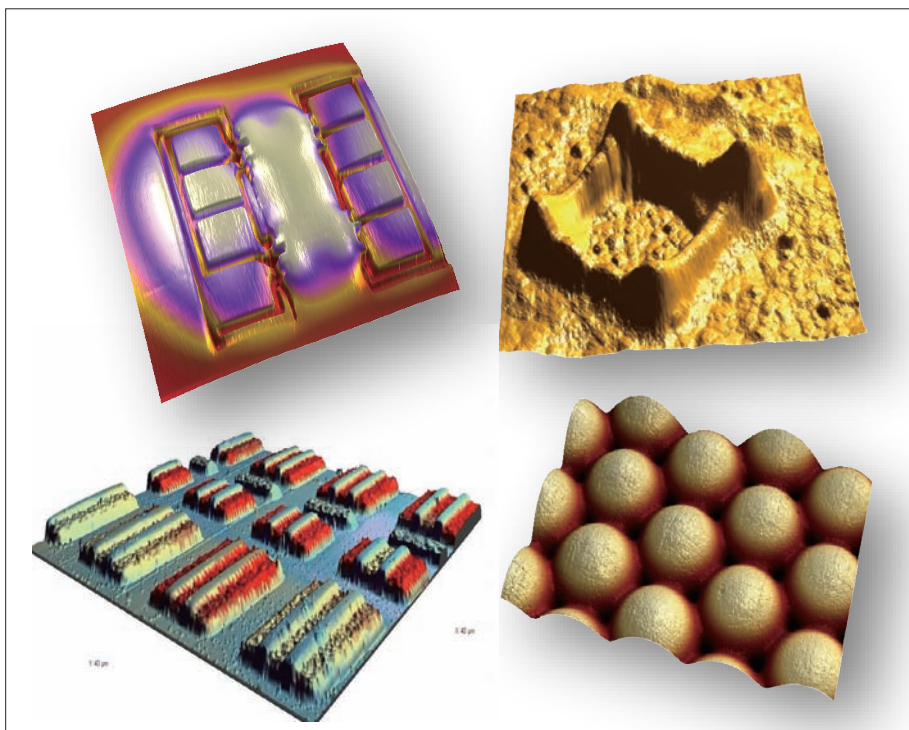
图 20 铜通过低电压沉积在 CuSO_4 溶液中 Au(111) 表面

功能强大的图像后处理软件

是德科技最新推出的新一代图像后处理软件 Picolmage，功能强大，支持最新的操作系统（Windows 7, WindowsVista, Windows XP），以及 24 位真彩色图像。Picolmage 支持分析报告的自动生成，并可根据模版对原始数据进行批处理，广泛适用于研究所实验室，以及生产环境。是德科技 Picolmage 图像后处理软件广泛适用于多个国家标准，包括德国 DIN 标准，和日本 JIS 标准，以及多个二维和三维图像国际标准（ISO/TS 25178 和 ISO/TS 16610）。Picolmage 提供强大的网上帮助支持功能，对各种功能进行举例说明介绍，同时可以根据用户的不同语言环境，选择相应的说明语言，包括中文界面。

Picolmage 图像后处理软件具有强大的分析和报告生成功能，根据不同用户的不同要求，可对原始图像和数据进行多种处理：

- 先进的三维主题模式分析，根据要求对球形模式进行最优化，并列示多种参数值
- 透明参数为可选值，可根据具体要求进行可视化的选择
- 功率谱密度（PSD）研究，通过鼠标拖动，用户可以自由选定纵向标尺范围
- 对同一样品的多种图像，同时进行轮廓提取
- 优化的数据统计功能，可自定义动态或静态的数据总体，全新的软件功能，性能参数，以及曲线分布图等。
- 优化的轮廓分析功能，通过 .dxf 文件，可以与通用的 CAD 图像软件进行转换和分析。
- 全新的小波滤波器功能，支持二维 / 三维图像，对连续的微波进行分解、过滤。
- 根据用户要求和习惯，对原点和数轴方向进行自定义。
- 根据要求，可把横坐标设定为角度，按圆弧角度方向展开图像，提取轮廓曲线进行分析。



是德科技丰富的功能选择

- Contact AFM 接触模式成像
- LFM 摩擦力成像
- Acoustic AC (AAC) mode AFM 轻敲模式
- Non-contact mode AFM 非接触成像模式
- Magnetic AC mode (MAC) AFM 软物质成像模式
- Amplitude & Phase imaging 定量振幅及相位成像
- STM 扫描隧道成像
- ECSTM 电化学扫描隧道成像
- ECAFM 电化学原子力模式成像
- ECAAC 电化学轻敲模式成像
- ECMAC 电化学软物质模式成像
- Current Sensing AFM 电流敏感 / 导电模式成像
- Force modulation 力调制模式成像
- 单次多频共振表面电性成像
 - EFM 静电力成像
 - KFM Kelvin 模式表面电势成像
 - dC/dZ 扫描电容 / 介电参数变化成像
- SMM 扫描微波检测功能
- Lift mode 抬高成像模式
- MFM 磁力模式
- Harmonic Imaging 多次谐波成像
- DLFM 动态横向力成像
- Piezo Response 压电响应模式
- Stiffness / Modulus Mapping 刚度 / 杨氏模量测量功能
- PicoTREC 单分子识别成像
- Custom Spectroscopy 力谱线自定义测量
- 单点及矩阵点力曲线 (包括分子力谱) 测量功能
- 环境控制成像功能
- 变温成像功能
- Q-control 功能
- 液体环境力调制工作模式
- 溶液中成像
- 纳米刻蚀与操纵功能
- 各种 IV 谱线测量

多样的多功能扫描器

扫描器指标说明:



- XYZ 三向驱动信号带宽: 0.1Hz 到 10KHz
- XYZ 三向 24 位电压控制分辨率
- XYZ 三向电压信号: $\pm 215V$, 噪音水平低于 50uV
- 悬臂噪音水平: $< 0.2 \text{ \AA RMS}$
- PZT 压电陶瓷片状扫描器及平板扫描器
- 扫描器精度: $< \pm 0.5\%$
- 扫描器正交性: $< \pm 0.5\%$
- 对压电扫描器加非线性电压来矫正扫描器的非线性
- 激光信号从波长 640nm 到波长 980nm 可选

A、开环控制扫描器参数— STM 扫描器



STM scan sizes		
Size	Lateral	Vertical
Atomic (A)	0.4 μm	0.1 μm
Small (S)	8 μm	1.5 μm

STM noise levels		
Size	Lateral	Vertical
Atomic (A)	$< 0.6 \text{ \AA RMS}$	$< 0.06 \text{ \AA RMS}$
Small (S)	$< 1 \text{ \AA RMS}$	$< 0.1 \text{ \AA RMS}$

- STM 前置放大器: 0.1 nA/V, 1nA/V and 10nA/V
- 扫描隧道显微镜 (STM): 对石墨样品进行 3-10nm 范围的扫描成像, 然后测量图像中相邻石墨原子的间距值, 以此值来表征仪器的 XY 方向分辨率: 0.25-0.30nm

B、开环控制扫描器参数— AFM 扫描器

AFM scan sizes		
Size	Lateral	Vertical
Small (S)	9 μm	2 μm
Large (L)	90 μm	7 μm

AFM noise levels		
Size	Lateral	Vertical
Small (S)	$< 0.5 \text{ \AA RMS}$	$< 0.1 \text{ \AA RMS}$
Large (L)	$< 1 \text{ \AA RMS}$	$< 0.3 \text{ \AA RMS}$

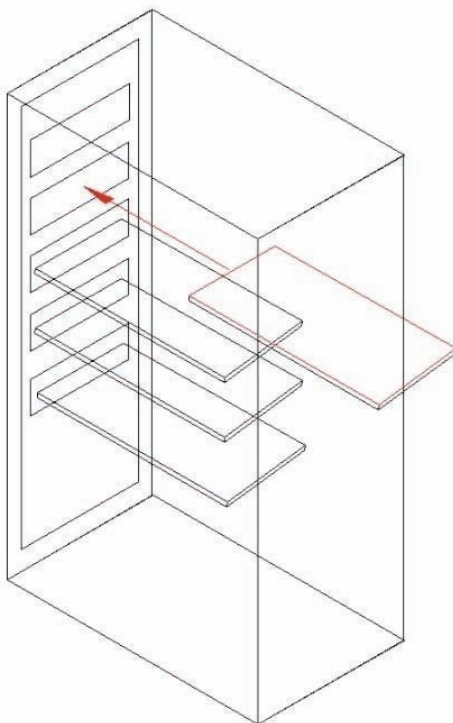
- 原子力显微镜 (AFM): 对云母样品进行 5-10nm 范围的扫描成像, 然后测量图像中相邻云母原子的间距值, 以此值来表征仪器的 XY 方向分辨率: 0.50-0.55nm

C、闭环控制扫描器参数— AFM 扫描器

AFM scan sizes				
Size	Lateral	Vertical	Bit	Voltage
Large (L)	100 μm	12 μm	24bit	215
Linear	$< 0.5\%$	$< 0.05\%$		
Position	$< 0.1\text{nm}$	$< 0.1\text{nm}$		

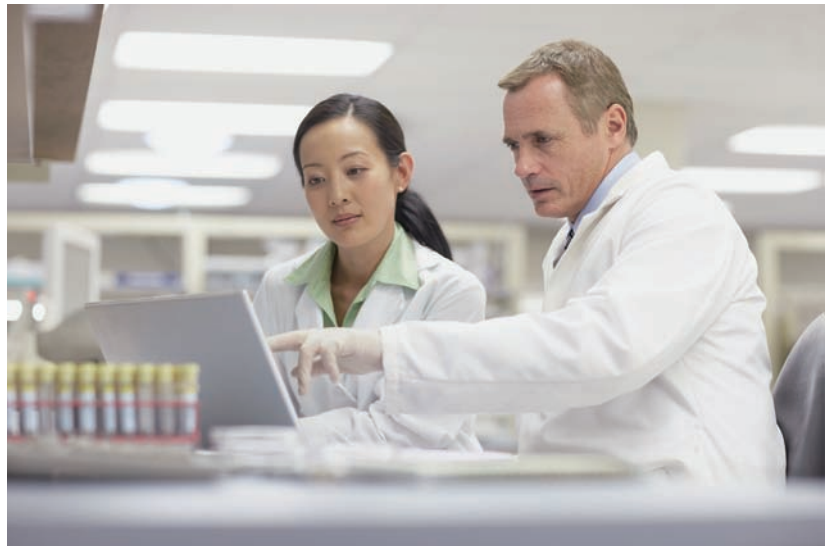
先进内置三锁相快速扫描功能的控制系统

- 数据采集： 从 256×256 到 8096×8096
- 测量数据通道 :32 通道；
- 独立设置的内置的三锁相通道，频率范围从 0.1Hz 到 6MHz，3dB 的噪音水平
- 频率分辨率： 0.009Hz
- 输出带宽： 80Hz,100Hz, 200Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz,5kHz, 10kHz, 20kHz
- 振幅驱动控制： 16-bit， 0.3mV 的分辨率
- 相位驱动控制： 12-bit， 0.088 degrees 的分辨率
- 针尖自动逼近样品，三个马达控制逼近过程，同时这三个马达可分别手调。
- 具有数字式的控制探针 - 样品间距的反馈
- 采用低共射激光源来消除干涉影响
- 215v/24-bit for X、Y、Z、sample bias、EC Reference Force Setpoint、Probe Bias 等
- 相位成像应该具有自动调零的功能，从而避免相位对比超出范围，造成无法成像。
- 提供各种 BNC 接口，方便用户根据实验需求从外边施加或测量各种电信号。
- 在所有模式的探针逼近样品的过程中，具有自动逼近功能 (Automatic Approach)，确保探针和样品表面不受损坏。
- 下针后，具有在样品表面重新调整共振频率的功能，可准确知道探针在成像时的真实频率，保证成像的真实性。
- 在轻敲模式的探针逼近样品的过程中，系统能自动决定 set point 值 (阈值)，确保探针在样品真实表面进行扫描成像，而非在样品液膜表面进行扫描，造成成像失真。
- 通过观察扫描来回两个方向的轨迹对扫描进行实时调整，避免成像失真，以获取样品表面真实的信息。



选项配件

- MAC Mode 生物活体成像模式
- MAC Mode III / AAC III 三锁相多通道多频率轻敲模式
- SMM Mode 扫描微波模式
- 多种环境控制（环境腔、手套箱）
- 多用途扫描器
- 多种探头
- 多种样品台
- 多种液体池
- PicoTREC 分子识别成像模式
- 电化学模块
- 温度控制系统
- PicoImage 图像后处理软件
- 信号输入输出盒
- 防震隔音箱
- 正置光学 CCD 模块
- 倒置光学显微镜连用模块
- 多种耗材



您不可能打破物理定律

但开启新的测量视野可以为您另辟蹊径

从之前的惠普和安捷伦科技到现在的是德科技，无论名称如何变化，开启测量新视野是我们传承超过 75 载的企业精神。当努力开拓与积极创新相遇，我们将与您共同推动发展进程：全新测量视野的开启往往伴随着 Aha! 灵感闪现的惊喜时刻，而令人惊喜的创新将帮助您实现突破性成果。

关键时刻引领创新

创新是我们的传统。是德科技信仰 " 第一 "，并且自诞生以来一直追求 " 第一 "。美国第 2,268,872 号专利见证了惠普公司在美国加利福尼亚州帕洛阿尔托市一间车库的诞生，开启了我们追求 " 第一 " 的历史。美国 2,268,872 号专利是一款 " 可变频振荡器 "，迪斯尼电影《幻想曲 (Fantasia)》是该产品的第一次成功应用。我们的愿景很简单：帮助您在恰当的时间成就创新，加快新一代技术的开发，满足市场和客户的需求。

为您提供专业知识和经验

作为全球测试和测量领域的领导者，是德科技始终致力于探索前沿科技、提升产业发展水平，同时为客户提供最优质的产品和服务。依托全球资源整合带来的强大技术和人才优势，是德科技得以使世界各地的客户享受先进科技带来的高效测量解决方案，不仅让客户在激烈的竞争环境中脱颖而出，而且不断推动行业进步。

涵盖从仿真软件到先进硬件的端到端解决方案能够帮助您应对各种挑战；领先的测量工具以及面向未来的精密软件可以全面满足不同领域的应用需求。

是德科技旗下的工程师积极参与全球标准化组织，引领和协助制定多领域的相关行业标准，如高速数字及无线等。同时，是德科技的工程师们努力开发测试与测量解决方案，以满足各种测试要求。

助您实现全新突破

是德科技致力于部署下一代测试与测量需求，开启测量新视野。公司强大的软硬件技术和优秀人才，成为您收获下一个 Aha! 惊喜时刻的坚实后盾，帮助您实现全新突破。



是德科技中国总部北京望京北路 3 号

是德科技是您可以信赖的伙伴，能够帮助您收获下一个 Aha！惊喜时刻。请联系我们，了解是德科技独特的硬件、软件和技术人员的强大组合如何帮助您开启测量新视野。是

德科技客户服务热线

热线电话：800-810-0189、400-810-0189

热线传真：800-820-2816、400-820-3863

电子邮件：tm_asia@keysight.com

是德科技（中国）有限公司

北京市朝阳区望京北路3号

是德科技大厦

电话：86 010 64396888

传真：86 010 64390156

邮编：100102

是德科技（成都）有限公司

成都市高新区南部园区

天府四街116号

电话：86 28 83108888

传真：86 28 85330931

邮编：610041

是德科技香港有限公司

香港北角电器道169号

康宏汇25楼

电话：852 31977777

传真：852 25069233

上海分公司

上海市虹口区四川北路1350号

利通广场19楼

电话：86 21 26102888

传真：86 21 26102688

邮编：200080

深圳分公司

深圳市福田区福华一路6号

免税商务大厦裙楼东3层3B-8单元

电话：86 755 83079588

传真：86 755 82763181

邮编：518048

广州分公司

广州市天河区黄埔大道西76号

富力盈隆广场1307室

电话：86 20 38390680

传真：86 20 38390712

邮编：510623

成都分公司

成都高新区南部园区

天府四街116号

电话：86 28 83108888

传真：86 28 85330931

邮编：610041

西安办事处

西安市碑林区南关正街88号

长安国际大厦D座501

电话：86 29 88861357

传真：86 29 88861355

邮编：710068

南京办事处

南京市鼓楼区汉中路2号

金陵饭店亚太商务楼8层

电话：86 25 66102588

传真：86 25 66102641

邮编：210005

苏州办事处

苏州市工业园区苏华路一号

世纪金融大厦1611室

电话：86 512 62532023

传真：86 512 62887307

邮编：215021

武汉办事处

武汉市武昌区中南路99号

武汉保利广场18楼A座

电话：86 27 87119188

传真：86 27 87119177

邮编：430071

上海MSD办事处

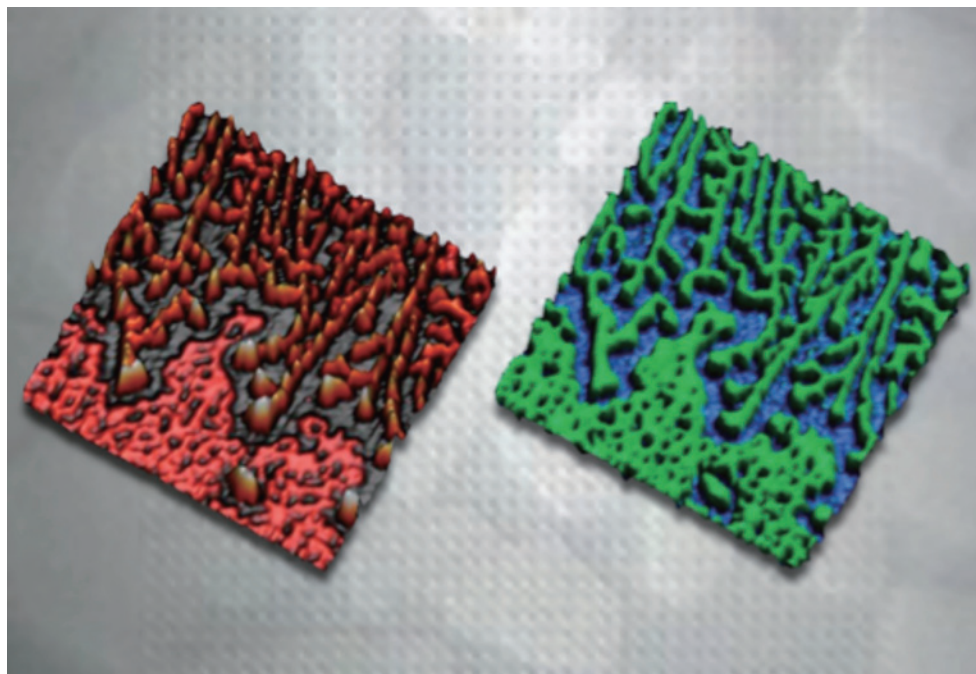
上海市虹口区欧阳路196号

26号楼一楼J+H单元

电话：86 21 26102888

传真：86 21 26102688

邮编：200083



- 从仿真直到一致性测试的解决方案
- 多样的模块化的解决方案
- 全套高速、高精度的测试平台
- 针对您的特殊需求专门定制的测试方法

精确测量是开启全新视野的基础，是德科技致力于提供一系列先进的高精度纳米测量测试系统以及面向未来的复杂软件。

更多信息请访问：www.keysight.com/find/afm

HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = KEY INSIGHTS