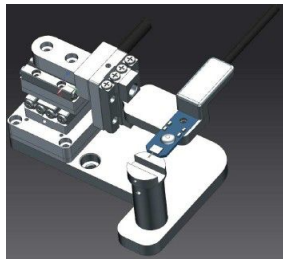


瑞士 FEMTO TOOLS 微纳力学性质测试及操纵系统。FEMTO TOOLS 是一家专业制造微纳机械测试及操纵的瑞士高科技企业。其产品可以在光学显微镜、探针台或者电镜环境下，结合其独有的微纳力学传感探针或微纳力学传感钳夹对于样品进行力学性质测试或微纳尺度的操纵。

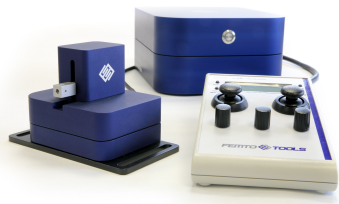
FEMTO TOOLS 的研发团队依托于瑞士联邦理工学院-机器人与智能系统研究所 (ETH-IRIS) Bradley Nelson 教授课题组，其产品及技术推出至今已经获得包括，瑞士技术创新大奖 (Swiss Technology Award)，国际机器人与自动化大会颁发的学术贡献奖 (ICRA) 等诸多奖项。



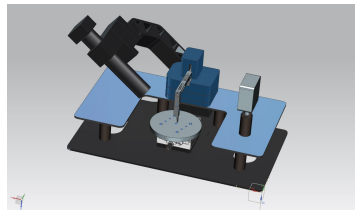
In-suit of SEM/FIB



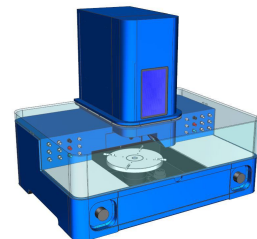
Sensor/Gripper



Modular System



Universal Measurement Stand



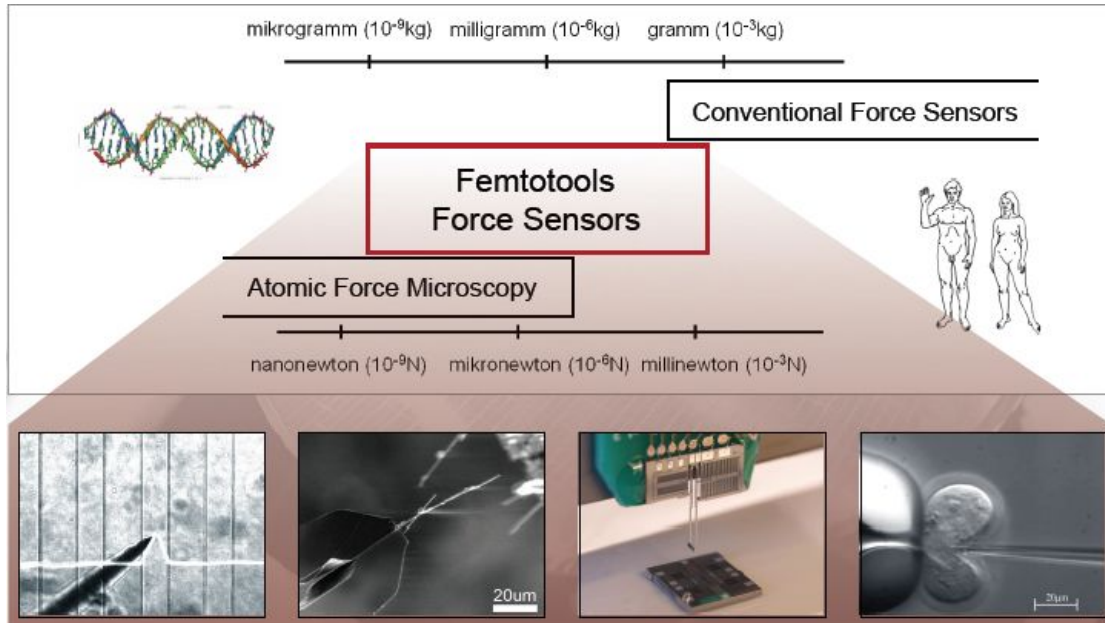
New Product:Force+Electronic+Map

微纳米领域需要更精密的设备

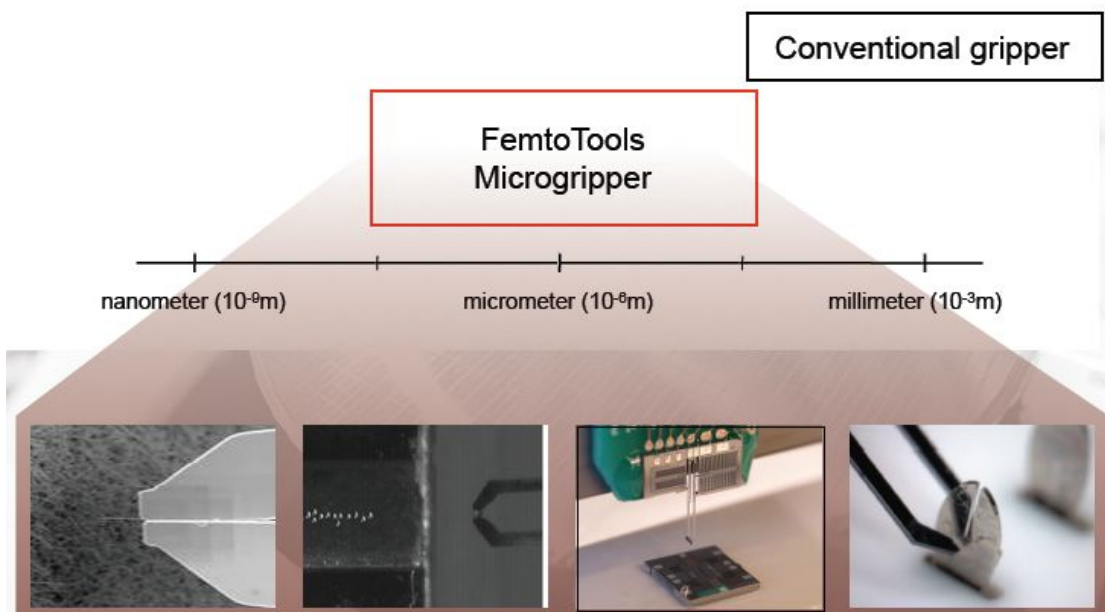
FemtoTools 致力于微纳尺度力学测试、微纳尺度精准位移、微纳米物体的拾取和组装。

优势和特点:

1、独特的力学分辨率和量程（力学分辨率最高可到±5nN；量程最大可到±100mN）:



2、独有的微纳操纵尺度（微钳子开口范围 0-100 µm，同时有 5nN 的力学反馈）:

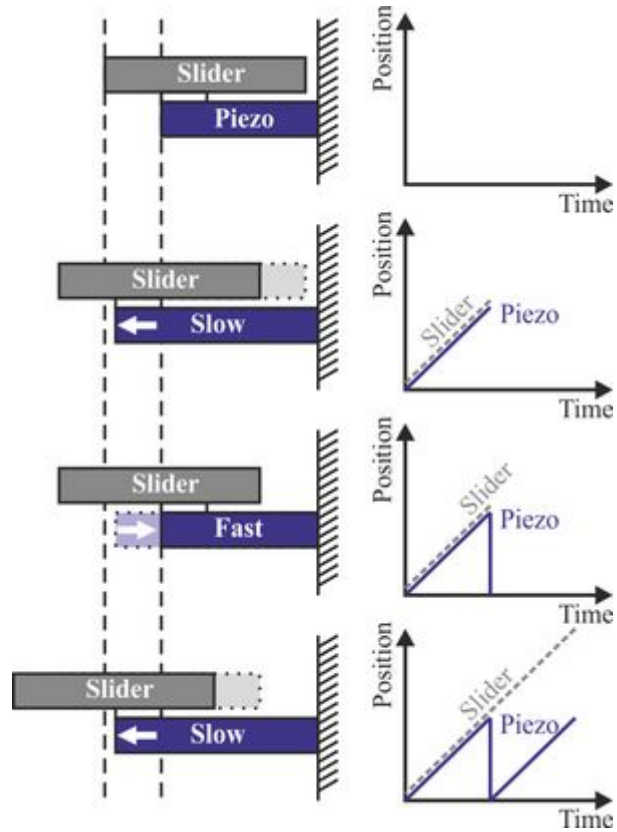


3、精准 5nm 位移控制, 压电陶瓷噪音去除功能:

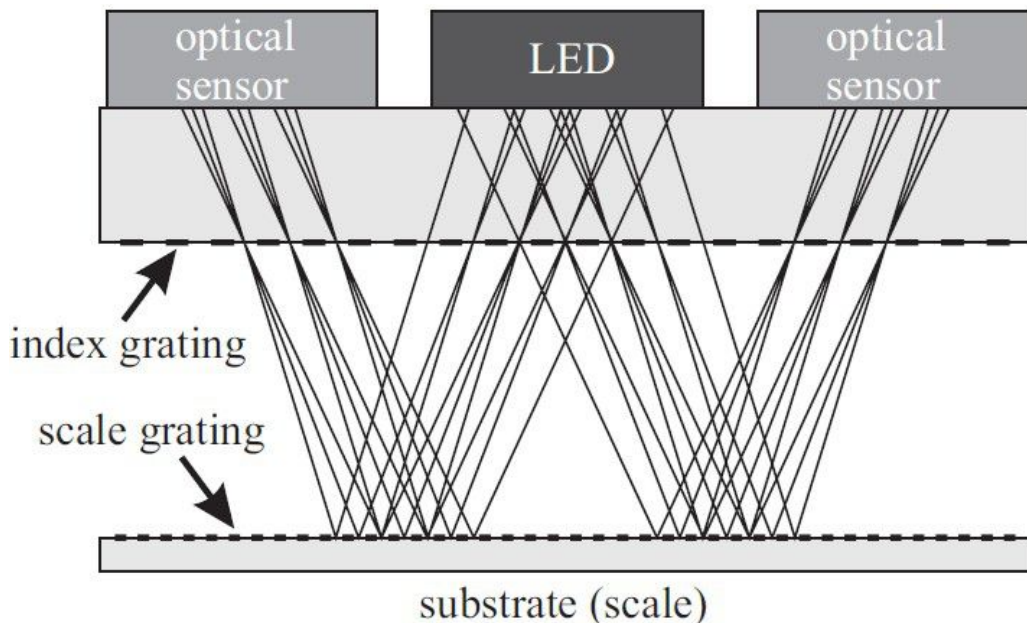
在 0~1500nm 范围内, 三维移动台执行扫描模式 (scanning mode), 此时, 三维移动台由压电陶瓷控制 (piezo)。

在 1500nm~26mm 范围内, 三维移动台执行步进模式 (stepping mode), 此时, 三维移动台由压电陶瓷 (piezo) 和滑动器 (slider) 共同控制。

在步进模式下, 压电陶瓷延展至移动长度之后, 其立即高速缩回 (电压设定 0), 以克服其对于滑动器的静摩擦力, 滑块本身不会随压电陶瓷缩回。通过程序控制重复这一过程以实现大范围的步进模式。在这一高速回缩的瞬间, 系统本身不记录测试数据。

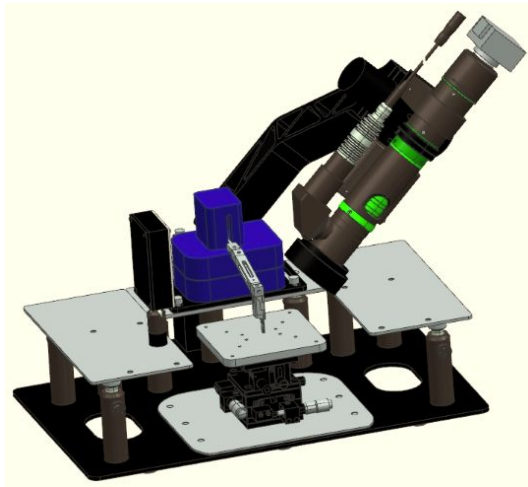


4、精确的位移反馈, 具备光电传感器 (反射式光栅-位移传感器) 以记录移动位置:



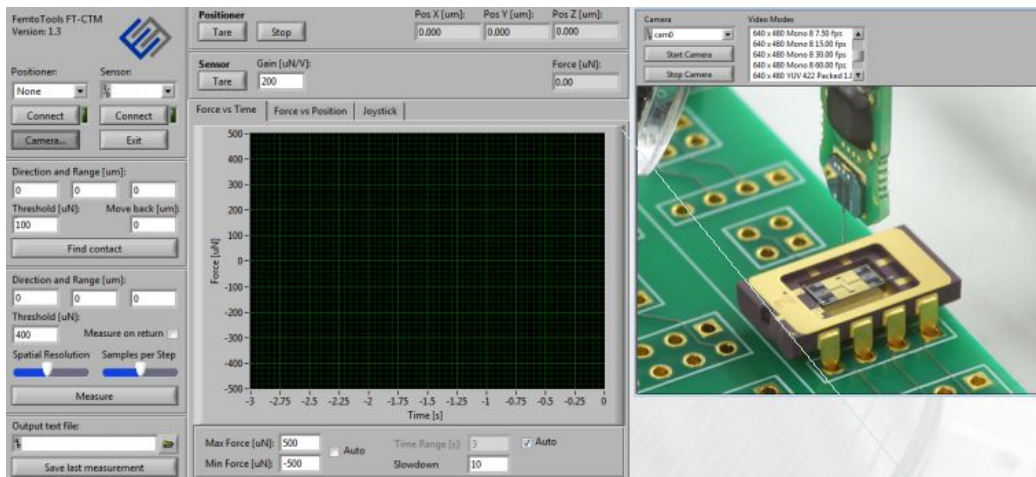
上方的 LED 发光通过 index grating (指示光栅) 打到 scale grating (标尺光栅/主光栅) 上, 再反射通过 iindex grating (指示光栅) 进入到光学传感器。光学传感器通过分析莫尔条纹获得位移。

5、对于样品以及实验过程，可以做到全程、不同角度可视化（可选配 0-180° 可旋转显微镜，分辨率达 3 μm，并有高倍率 CDD）：

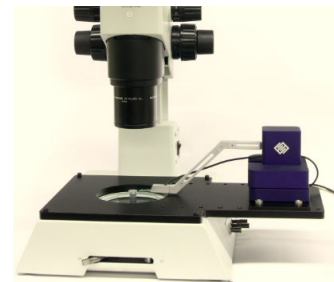
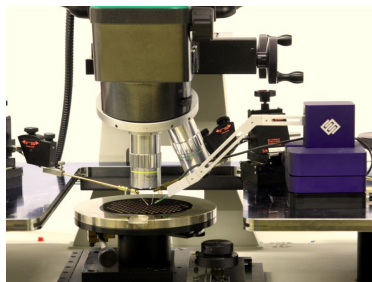
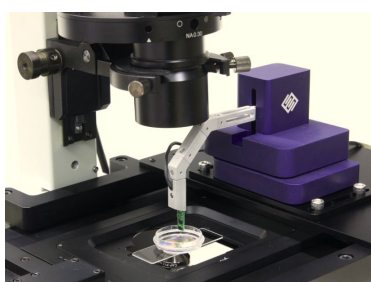
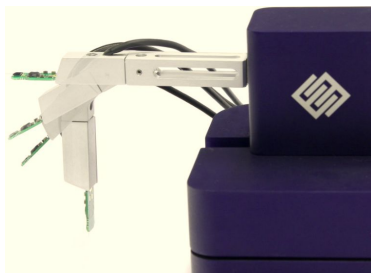


控制箱可以同时控制连接 FEMTO TOOLS 的系统以及显微镜，可以做到在实验过程中，对整个实验以及样品的全程可视化。通过选配的高倍率可旋转显微镜，可以做到不同角度的观测，避免因为垂直或者其他角度的测量时设备遮挡而无法看到实验过程。

显微镜还配备了 μm 级别的样品移动台，以及开放式平台。可以在样品台上添加诸如探针台针座等其他附件。也可以对样品进行微调使用。



6、可以进行不同角度和方向的力学测试以及操纵实验，并且可以和其他设备联用（光学显微镜、探针台、SEM/FIB、大型机械等）：



应用领域：

1、力学测试领域：

Material science	Micro- and nano-system development	Mechanobiology
<ul style="list-style-type: none"> • Measurement of breaking strength • Friction forces, tribology • Nano-indentation • Viscoelastic measurements • Mechanical testing of carbon nanotubes, nanofibers, ... • Measurement of chemical binding forces • Measurement of glue, lubricant, gel properties • Binding forces in composite materials • Biopolymer research such as spider web material 	<ul style="list-style-type: none"> • Stiffness measurement on MEMS, microbearing, • Measurement of force generated by MEMS actuators and resonators • Measurement of stiction forces • Measurement of torque, force in watch motors • Atomic force microscope (AFM) cantilever calibration • Measurement of force generated by micro jets • Measurement of surface tension and capillary forces 	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanical characterization of single cells • Force controlled cell/ vessel injection • Adhesion forces between cells • Compression tests, tensile tests on tissue samples • Mechanical measurements on muscle fibers • Measurement of propulsion force of bacteria, sperm • Mechanical measurement on protein fiber • Mechanical measurement on the ear-drum

材料科学：断裂韧性测试、微纳摩擦测试、微纳米压痕测试、粘弹性测量、碳纳米管机械性能测试、化学约束力测试、粘附力测试、复合材料约束力测试、生物高聚物等性能测试。

微纳系统 (MEMS)：MEMS 的刚度，微轴承力测试、回复力、驱动力测试、AFM 弹性系数标定、蠕变实验、拉伸试验、压缩测试、表面张力测试。

微生物学：单细胞膜张力以及弹性模量测试、细胞结合力测试等。

2、微操纵、装配领域：

<p>Pick and place</p> <ul style="list-style-type: none"> - Handling of nano-objects like nano-fibers, nano-tubes, quantum dots, ... - Placement of small samples on a TEM grid - Pick-and-place of small samples e.g. fibers and small tissue samples - Controlled placement of luminescent markers on tissue and fibers
<p>Sample preparation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isolating individual cells - TEM lamellae preparation - Application of small cyclic forces onto e.g. biological samples - Compression of nanostructures and materials
<p>Microassembly</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wafer level assembly of microfabricated MEMS structures - Assembly of micro connectors - Assembly of small ruby gears - Assembly of sharp tips, microspheres onto sensing elements

拾取和移动：操纵微纳米物体、电镜中放置样品等。

微装配：硅片上组装一些 MEMS 器件等。

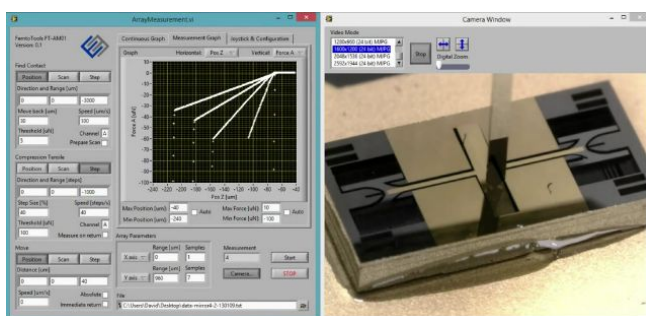
应用案例：

1、MEMS 等微结构的微机械性能测试：



微纳加工制造结构的微机械特性测试，比如 MEMS。可以完成压缩测试、拉伸试验、弯曲试验、疲劳测试、蠕变测试、断裂韧性测试、剪切测试、粘附力测试等。

2、MEMS 中微镜的悬臂的刚度、力矩以及转角测试：



我们可以通过精准的微力和微位移测量，得到静电微镜的转动刚度、最大偏转角数据。同样的，可以应用于整块晶圆上的测定。

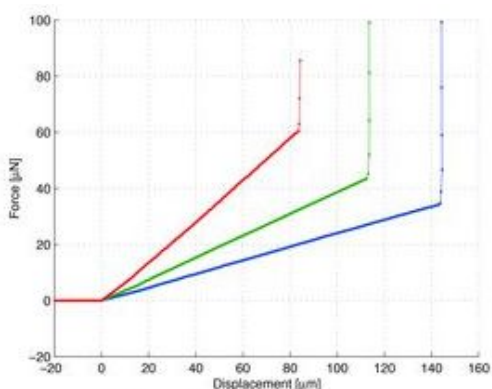


Figure 3: Force-Position data

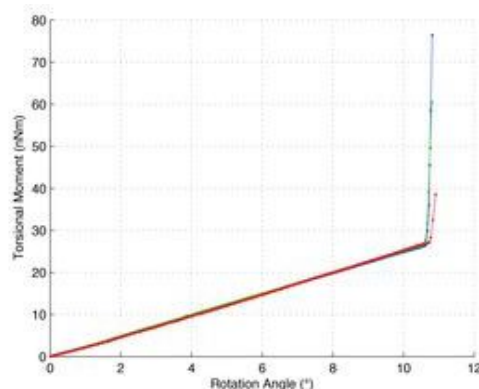
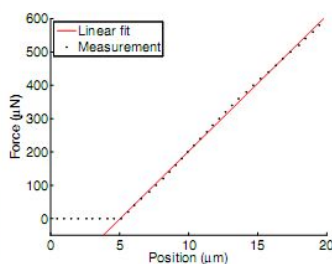
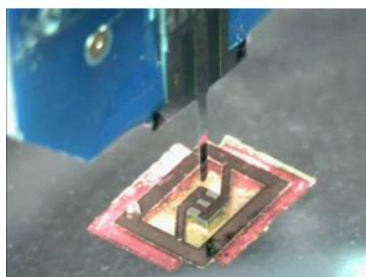


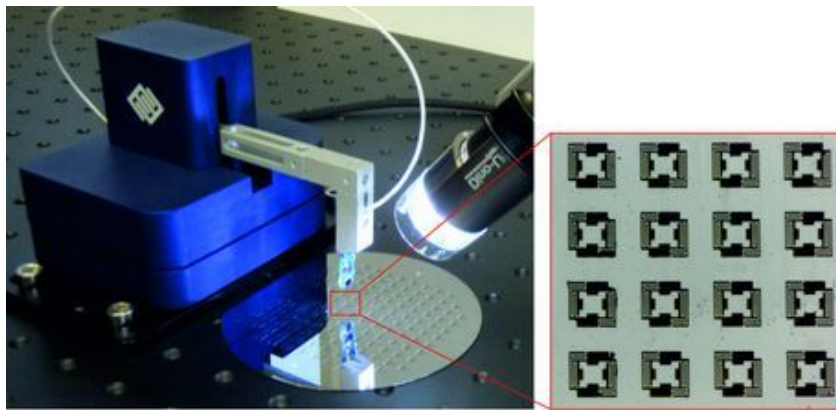
Figure 4: Rotational stiffness

3、超声换能器（磁驱动谐振器）刚度测试：

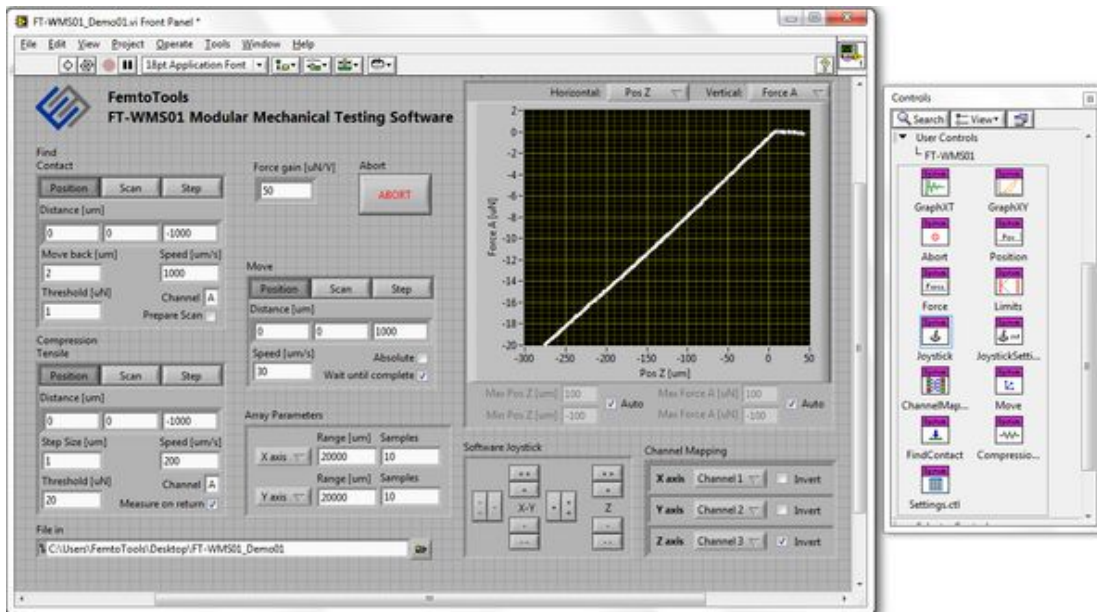


精准的同时得到微力和微位移数据，得到精准直观的刚度值。

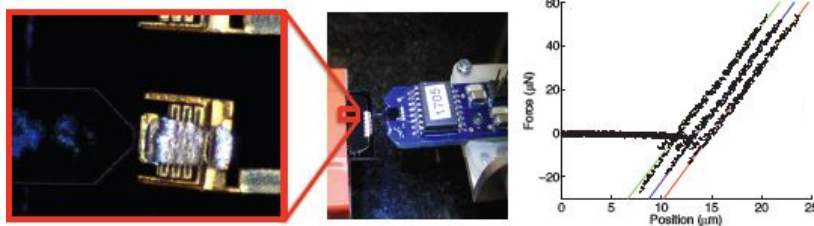
4、快速的器件阵列检测：



便捷的软件设计，可以快速检测多个器件阵列。可以通过微机械性能的不同，判定硅晶圆上器件的成品率等。

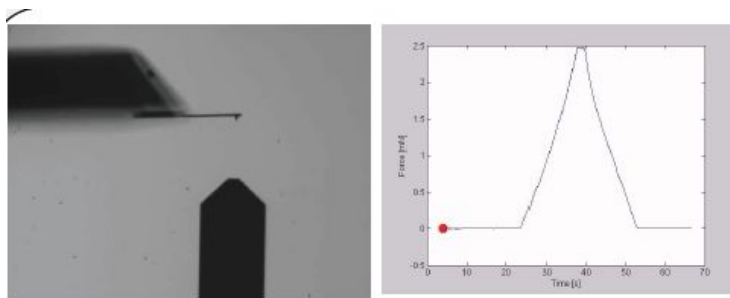


5、弹簧振荡器的弹性模量测定：



我们可以测双向力，可以兼顾测得驱动力和回复力。并且通过精准位移测得弹性模量。

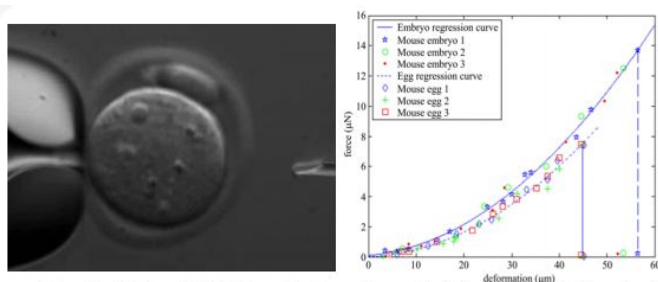
6、AFM 探针悬臂的弹性系数标定：



AFM 探针出厂的弹性系数都是理论模拟，因此在做力曲线时，如何标定 AFM 探针弹性系数是个大难题。我们设备可以直接标定。



7、在小鼠胚胎细胞和卵母细胞中的膜张力、弹性模量测量：

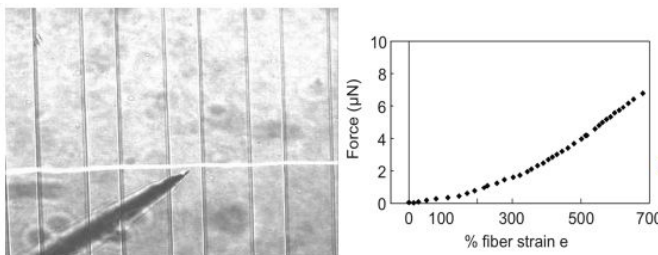


一方面可以细胞的测膜张力和弹性模量。并且通过力反馈，使得自动化注入成为可能。

„Force feedback increases the reliability of automated cell injection.“
Prof. Y. Sun, University of Toronto

Y. Sun, B. J. Nelson, MEMS Capacitive Force Sensors for Cellular and Flight Biomechanics, Biomedical Materials, Vol. 2, No. 1, 2007, pp. 16-22

8、蛋白质线的微机械性能测试：

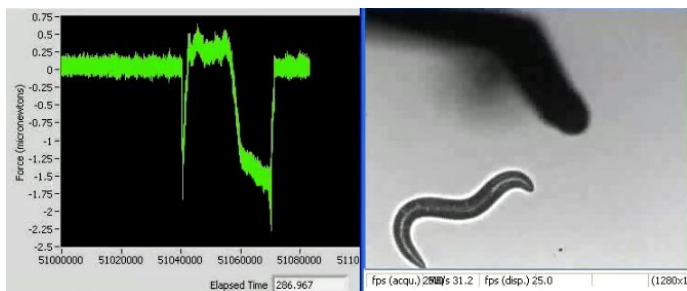


在生物领域，我们可以通过客户定制钨针尖，测得蛋白质线等材料的微机械性能。

“This could play a so far not recognized role in early development, matrix biology and wound healing.”

E. Klotsch, Prof. V. Vogel,
Nanomaterials - ETH Zürich

9、微生物的触摸灵敏度：



测量微生物的触觉灵敏度一直都是个难点，我们提供了一种可行的新方法去测量微生物领域的微小力学以及微机械性能测试。

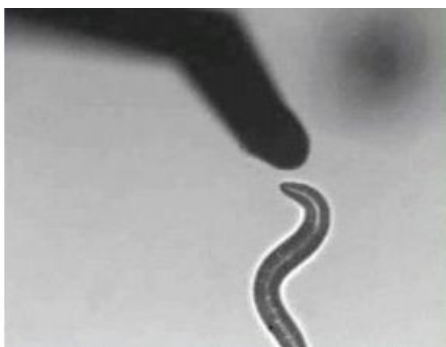


Figure 2: Touch sensitivity measurement on C. elegans

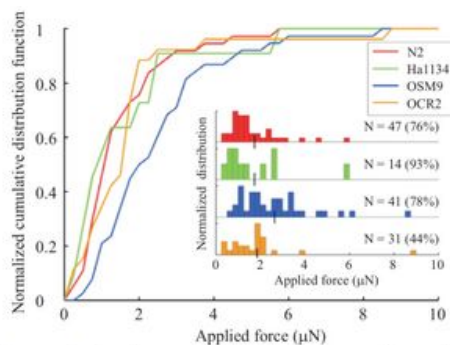
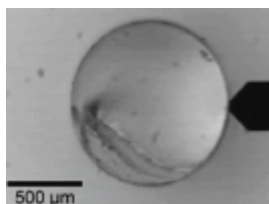


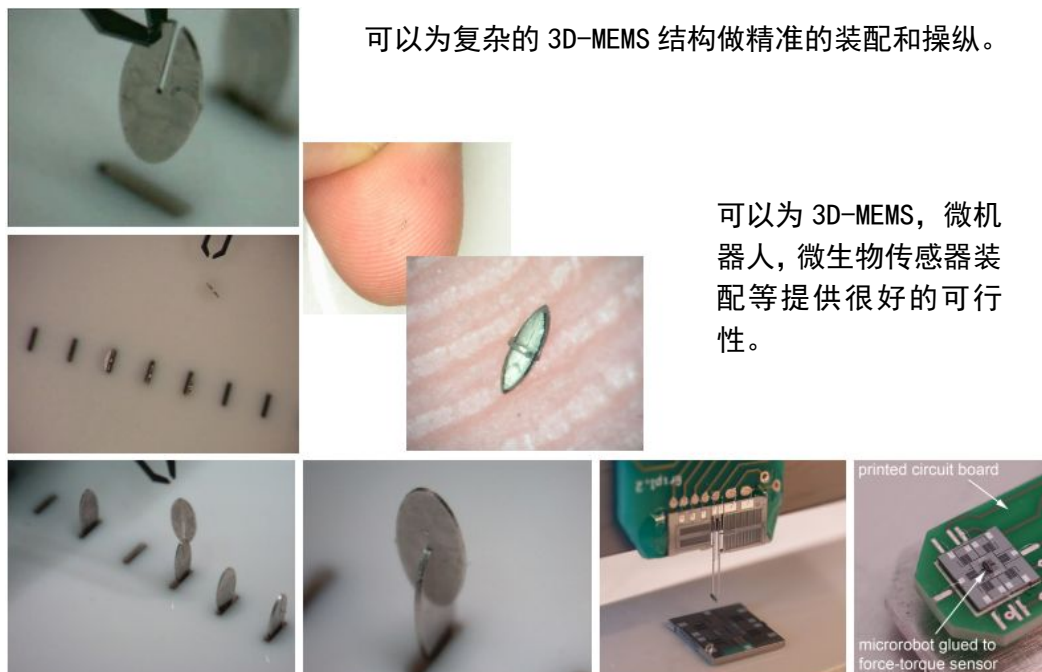
Figure 3: Touch sensitivity measurement results on different C. elegans strain

10、微纳摩擦力测试：



通过水平、一定角度的推动样品，从而获悉样品与表面的微纳摩擦力。甚至通过我们的实验方案可以同时测得正压力和摩擦力。

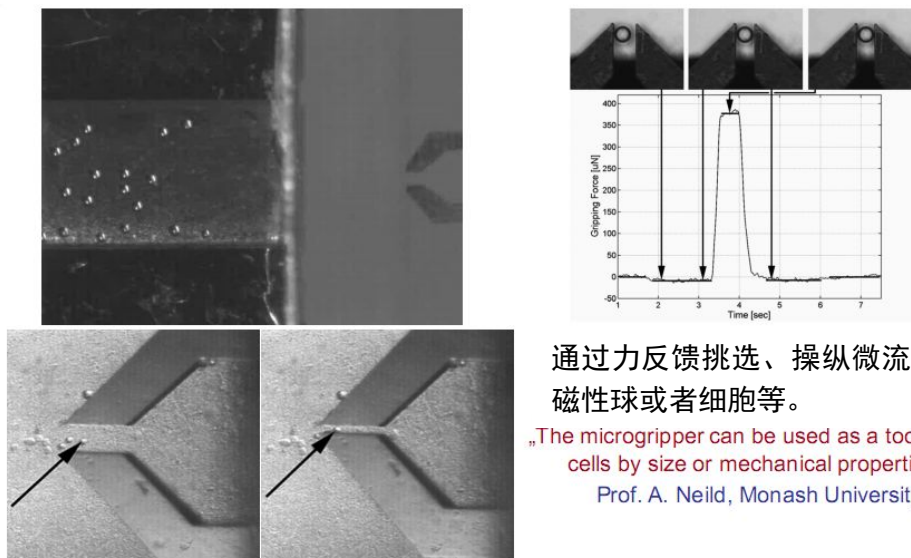
11、3D-MEMS 组装：



可以为复杂的 3D-MEMS 结构做精准的装配和操纵。

可以为 3D-MEMS，微机器人，微生物传感器装配等提供很好的可行性。

12、力控制操纵微流体通道中的磁球或细胞：

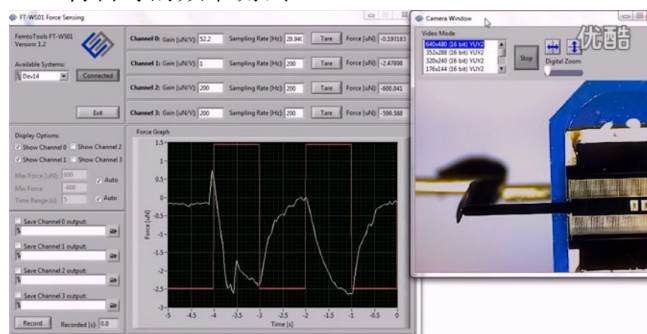


通过力反馈挑选、操纵微流体通道内的磁性球或者细胞等。

"The microgripper can be used as a tool to sort cells by size or mechanical properties."

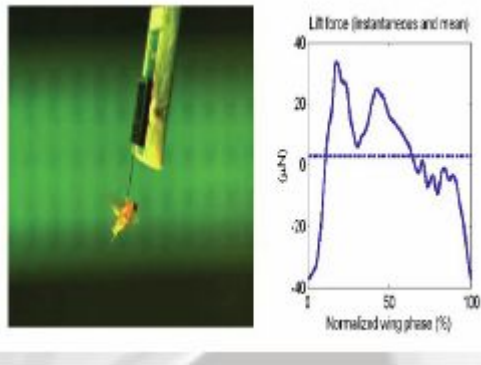
Prof. A. Neild, Monash University

13、材料等的频率测试：



通过同时得到的微力反馈以及测量时间反馈，可以精准的获悉样品的振动频率。同时可以得到回复力和回复时间。

14、测蜜蜂翅膀震动频率等：



通过精确的力反馈以及时间控制，可以非常容易的在仿生中测蜜蜂翅膀的震动频率。以及 MEMS 中器件的震动频率。频率范围为 1Hz-35kHz。

