

# FERA3/XEIA3

全球首款使用等离子源的  
聚焦离子束扫描电子显微镜



[www.tescan-china.com](http://www.tescan-china.com)

 **TESCAN**  
PERFORMANCE IN NANOSPACE



## TESCAN FERA3 等离子源电子显微镜

FERA3是世界上首台完全集成的Xe等离子源FIB和SEM的双束扫描电镜，离子束流高达 $2\mu\text{A}$ ，因此其溅射速率相比传统的Ga离子源高达50倍以上。这决定了 FERA3 可以解决目前加工大尺寸材料的问题。

## TESCAN 聚焦离子束扫描电子显微镜

新一代的扫描电子显微镜配备了聚焦离子束镜筒，为用户提供了最新的技术。如新改进可以更快的采集图像的高性能电子产品，有静态补偿的超快速扫描系统和动态图像畸变和用户自定义的内置脚本，同时保持了最好的性价比。

FIB-SEM是为了满足广泛的研究及工业的需要而设计的。在高束电流下的高分辨率配合功能强大的控制软件，TESCAN FIB-SEMs 转变为用于研究和工业分析及其他应用领域的高级工具。

FERA3 聚焦离子束扫描电子显微镜有XM和GM样品室配置。

### 技术优势

- 电子和离子束重合点位置的自动设置；
- Draw Beam提供强大的多层模式编辑功能，可以获得最复杂的图案，并且具备3D表征能力，邻近效应校正，加工过程的实时成像等；
- 针对于SEM/FIB/GIS的控制、图像采集、存储、处理和分析的先进的软件；
- SE和SI图像同时采集。

### 先进的电子光学

- 独特的Wide Field Optics™设计和专有的中间镜(IML)技术可以提供多样的工作和显示模式，如大视野和景深增强模式等；
- 电子束实时优化技术，直接并连续地对电子束进行精准的控制；
- 全自动电子光学系统的设置和校准；
- 快速成像速率达 20ns；
- 先进的三维成像技术的实时立体成像开启了微纳米世界的3D体验和三维导航。

### 高性能离子光学

- 能够进行高速准确的截面切割和材料去除的先进的高性能等离子体FIB-SEM系统。

## 分析能力

- 所有的样品室都提供完全自动控制的全自动电脑控制五轴样品台和理想的几何配置；
- 配备加固样品台的超大XM和GM样品室供选择；
- 众多的接口与优化的微区分析探测器方位；
- 优质的YAG闪烁体探测器；
- 多种探测器和配件可选；
- 快速的清洁真空；
- 可变真空模式下绝缘样品的研究；
- 集成的主动减振模块可以有效降低环境的影响；
- 磁性样品的观察；
- 无畸变的EBSD花样。

## 电子束减速技术 (BDT)

TESCAN创新的电子束减速技术,包括减速模式和最先进的探测器设计,在标准模式下可以检测高角度BSE, 减速模式下检测 SE 信号。低电压成像技术适用于绝缘材料、半导体和容易辐照损伤的光刻胶等多种样品。

低电压能够显示在高电压下掩盖的非常精细的样品表面细节。强烈推荐等离子清洗装置与电子束减速技术相结合。

## SITD- TESCAN二次离子探测器

全新采用闪烁体的二次离子探测器 (SITD) 进一步增强了TESCAN FIB-SEMs 的分析能力。同时配备标准的二次电子探测器 (SE), 两个独立的探测器和优化的几何配置能够同时采集FIB产生的正二次离子 (SI) 和二次电子信号 (ISE)。

二次离子信号提供了一个新的图像衬度。二次离子是从表面层发射, 它比离子激发的二次电子深度约浅十倍, 因此信号对表面非常敏感。此外, 对于较重的材料, SI信号亮度是比较高的 (对于Ga FIB产生的二次电子则是相反的)。

氧元素能够显著增加二次离子的产额, 因此在SI图像上, 氧化物变得非常亮, 这使得SITD成为氧化和腐蚀检测的非常有效的手段。

## 用户友好软件

- 基于windows的用户界面, 多用户级别, 支持多语言多用户环境；
- 所有SEM参数易于控制, FIB/SEM 同时成像；
- 支持多窗口实时成像, 可定制的实时图像参数；
- 集成图像管理器、报告生成器、在线和离线图像处理模块；
- 使用项目管理器管理项目；
- 嵌入式自动诊断系统；
- TCP/IP远程控制, 远程访问/诊断；
- 免费软件修复和更新；

## 软件工具

- 易于功能扩展的模块化软件架构；
- 样品检测过程的自动参数优化应用程序；
- Draw Beam模块将聚焦离子束扫描电子显微镜转化为多功能设备, 它不仅可以进行电子束光刻, 也可以进行电子束沉积和电子束蚀刻, 以及离子束沉淀和离子束抛光；
- 三维成像软件支持自动的FIB截面制备和扫描电镜成像以及后续的三维重构和可视化。



## 快速维护

简单易行的快速保养就可以保持电镜的最佳状态，尽可能的减少电镜停机时间。每一个细节都精心设计以保持电镜的最佳性能并尽可能减化操作员的工作。

## 自动化程序

电镜参数的自动设置和许多其他的自动化程序是该扫描电镜的特点。自动化程序可以显著减少操作者的调整时间，从而实现导航式自动操作和自动分析。SharkSEM远程控制接口可以访问电镜的大多数功能，包括电镜的真空控制，电子光学控制，样品台控制，图像采集等。集成的Python脚本库提供了所有这些功能。

## 等离子FIB-SEM 配置

XM和GM超大样品室的等离子FIB-SEM的各种配置提供了强大的表面观察分析和加工能力。除电子枪和离子枪以外，FERA3还可以配置其他注入系统、纳米机械手和多种探测器，包括SE探测器、BSE探测器、SI（二次离子）探测器、CL（阴极荧光）探测器、EDS和EBSD等。

## FERA3 XMH

配备全电脑控制样品台的高真空超大样品室，适合导电样品的高质量成像和加工。

## FERA3 XMU

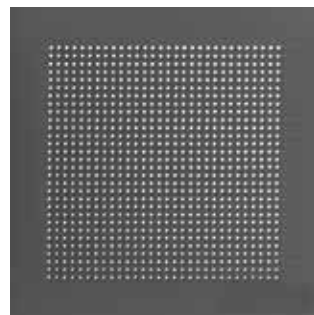
配备可变真空超大样品室，除了具备XMH的所有功能外，尤其适合绝缘样品在不进行镀膜的状态下进行研究。

## FERA3 GMH

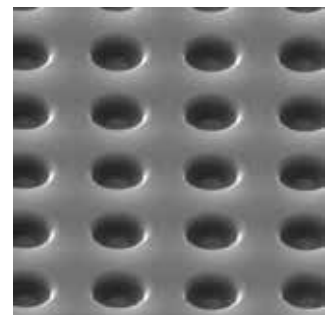
配备全电脑控制纳米机械手的高真空巨型样品室，适用于导电样品的微观分析及加工等研究。

## FERA3 GMU

配备可变真空巨型样品室，适合各种样品的微观分析和加工。



纳米柱阵列



FIB刻蚀出的小孔



漂亮的雪花（FIB刻蚀）



生日蛋糕（FIB刻蚀）

## FERA3

分辨率 高真空模式	1.0nm @ 30kV 3.5nm @ 200V
低真空模式 STEM	1.5nm @ 30kV 0.9nm @ 30kV
电子光学工作模式 高真空模式 低真空模式	分辨率、景深、视野、超大视野、电子通道花样 分辨率、景深
放大倍率	从 1× 到 1,000,000× 连续可调
视野	6.0mm (WD=9mm) 17mm (WD=30mm)
加速电压	200V 到 30KV 50V 到 30KV (减速技术)
电子枪类型	高亮度肖特基

## 离子枪

分辨率	在SEM-FIB 重合点处: 25nm@30KV
放大倍率	重合点处最小150×, 最大 1000000×
加速电压	3KV 到 30KV
离子枪类型	Xe 等离子体离子源
探针电流	20 pA 到 2μA
SEM-FIB重合点	SEM WD 为9mm / FIB WD为12mm
SEM-FIB夹角	55°

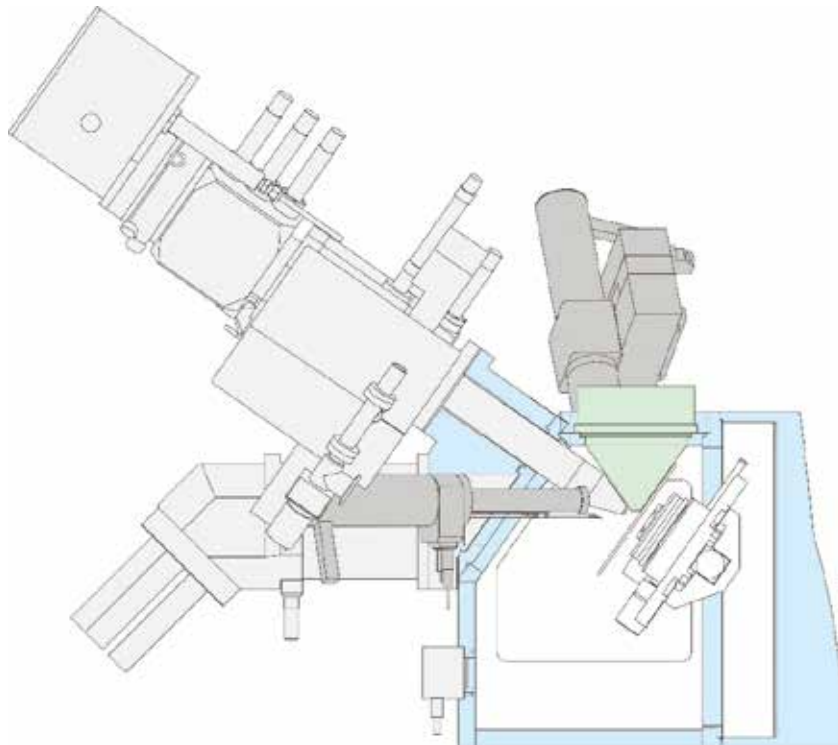
## 真空系统

系统真空: 样品室-低真空模式 SEM电子枪	7 - 500Pa <3x10 <sup>-7</sup> Pa
FIB 电子枪	<5x10 <sup>-4</sup> Pa

## 系统控制

系统控制	电镜的所有功能都由键盘、鼠标和轨迹球通过Windows™平台的FeraTC软件操作实现的，可选配控制台和触摸屏。
扫描速度	20ns /像素到 10ms/像素，可逐步或连续 可调
扫描特征	聚焦窗口（形状，尺寸和可连续调整的位置）动态聚焦，点和线扫描，图像旋转，图像平移，倾斜补偿，三维电子束，实时立体成像（SEM），电子束写入软件可写入其他扫描图形
图像尺寸	最大为16384 x 16384像素，扫描速度分为3档，存储速度分为10档，窗口大小可为正方形，4:3或2:1矩形。
自动程序	实时电子束追踪技术，电子束优化，束斑大小和束流连续调节，自动聚焦和消除像散，对比度和亮度，扫描速度（根据信号-噪声比），电子枪开关，电子枪对中，束流对中，真空控制，电压补偿，自动诊断，FIB-SEM 重合点的设置， FIB枪自动开启。
远程控制	通过 TCP/IP

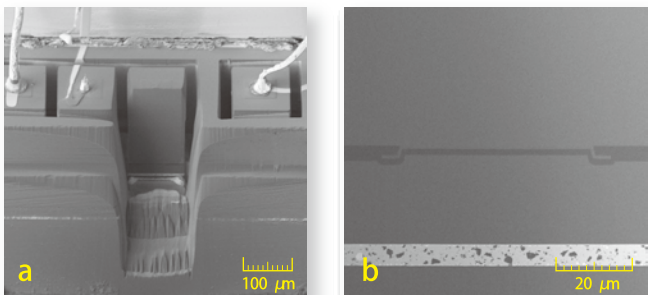
\*本公司产品参数有所变更，恕不另行通知。



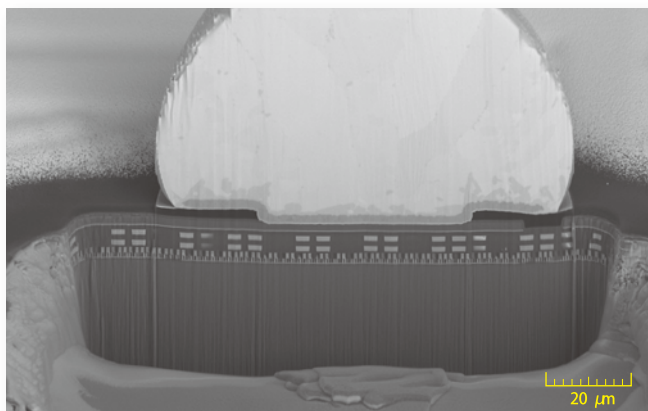
## 一般应用

使用氦等离子体的聚焦离子束 FERA3 能够满足 FIB 的高分辨率需求（成像，精细切割和抛光），同时还具备超快速的材料去除能力。相比现有的镱离子源FIB技术，氦等离子体 FIB-SEM对硅的材料去除率可以高达50倍。因此，FERA3 非常适合于大尺寸材料去除的应用，特别是采用TSV 的半导体封装技术。

电子和聚焦离子束一体化的 FERA3 等离子 FIB-SEM 工作站为用户提供了微区加工和电子束分析表征的功能。这种系统不仅仅可以应用于材料科学、研究和法庭调查，它更应用于半导体行业的三维测量，缺陷和故障分析以及微机电系统的设计（MEMS）。



MEMS样品的横截面（a），展示了位于表面以下超过200 μm处的结构。结构的详细图像（b）展示了高质量抛光表面，离子束的注入没有造成可见的损伤和遮挡效应。加工该截面的总时间为1小时20分钟。样品由意大利的STMi-croelectronics、Cornaredo提供。



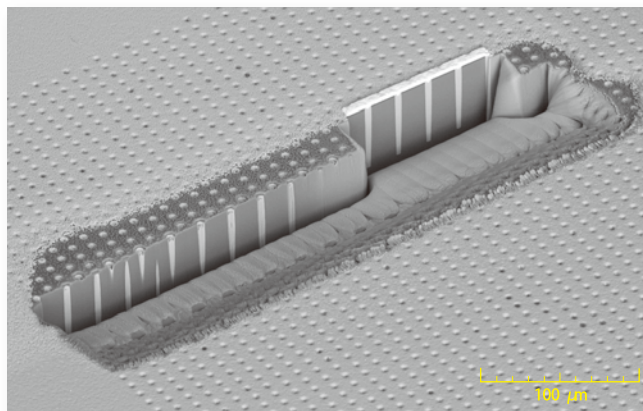
芯片截面，用Xe束在15分钟内完成120x120 μm面积的切割和精细抛光。样品由加拿大IBM Bromont公司提供。

## TSV 分析

在三维集成电路（3D-IC）中，多个芯片垂直堆叠在一个封装里以便在一个较小的区域里提供更高的性能和功能。这些芯片用一个叫直通硅晶通孔(TSV)的深孔进行电性能连接。

TSV是一个完全穿透硅晶和芯片的垂直的连接。因为通孔的技术要求很高并且连接的长度很短，与其他技术比如堆栈封装相比,TSVs是能够进行3D封装和三维集成电路的高端技术。

TSV样品的分析使用双束扫描电子显微镜采用不同的加工策略来实现，但是其中最重要的是尽可能的减少分析的时间。因此 FERA3 有着明显的优势。



TSV截面在30KV、2 μA下使用XE束切割45分钟。它的大小是400微米长，100微米宽，50微米深。对4个孔精抛需要30分钟。用镱离子束大约需要40个小时来切割并且需要另外至少10小时来精细抛光。

## 芯片故障分析

倒装芯片，也被称作可控塌陷芯片连接，是一种应用于半导体器件互联的方法，比如 IC 芯片和微机电系统（MEMS）。与引线焊接法相反，焊点是在芯片上来连接外部电路。

半导体器件的故障分析对设计和生产过程阶段中探寻故障原因，提供信息的快速反馈是非常重要的。市场上对于更高的可靠性、更高集成密度设备的发展和更大的芯片尺寸的需求决定了故障分析对先进技术的需要。FIB/SEM 技术就是这个领域的一种故障分析技术。

## 超强功能的完美解决方案



TESCAN公司一直致力于开发荷电粒子的光学显微系统，为行业及用户提供最尖端的技术平台，目前又成功推出新一代具有世界领先水平的FIB-SEM聚焦扫描电镜-XEIA3。XEIA3聚焦电子显微镜性能出众，不仅配有浸没式物镜的扫描电子显微（SEM）系统，同时装配了以Xe等离子体为离子源的聚焦离子束（FIB）系统，这样的配置使XEIA3聚焦电子显微镜成为一款进行尖端科学研究不可或缺的设备。XEIA3的优异性能，无疑将会使样品切割/表面抛光/成像等过程的速度和精度上升到一个新的高度，为用户提供更为全面、更为可靠的整体解决方案。

### 超震撼的成像能力

XEIA3聚焦电子显微镜专门针对非导电材料以及对大束流极为敏感的样品，提供了独特的解决方案。XEIA3的60°浸没式物镜显著减小了像差，从而在低电压下能获得高分辨率的图像。

### 超快速的FIB功能

XEIA3聚焦电子显微镜旨在使用世界前沿的研究成果，积极地为全球科学与技术众多领域提供全方位的应用实现。XEIA3特别适用于需要大量切割且要求迅速分析的使用环境，这对于保持与持续增长的半导体等高科技产业同步至关重要。

### 超人性化的用户体验

用户操作方便，XEIA3是一款极其高效的设备，它具有多个自动功能模块，如In-Flight Beam Tracing™，一项快速方便的为用户提供最佳的参数设置以获取高分辨率图像的高级技术。

DrawBeam软件模块可与多图层CAD结构协同工作，使应用电子束和离子进行设计更为便捷。

此外，对于抗刻蚀类极其敏感的样品，可使用电子束减速技术进行样品观察。

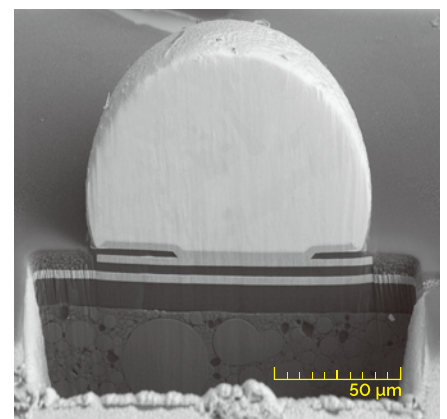
XEIA3聚焦电子显微镜开发了开创性的技术，能够很好的解决至今为止TSV、IC以及半导体封装等行业所面临的极具挑战的任务，即一些或耗时太长、或难以实际加工的操作。

XEIA3还为用户提供SEM/FIB/GIS等系统的控制、图像获取/处理等软件，兼备强大功能与用户友好性。另外，用户还可以根据自身的多样化需求，选择特定的软件扩展。

XEIA3完美的集成了超高分辨率的SEM与多功能的Xe等离子体FIB，一台设备为用户提供双系统的所有优点。

摇摆样品台-用于使用等离子FIB获得高质量的抛光样品

FIB采用先进的Xe等离子体作为离子源，其切割速度比传统的Ga离子源快50倍



▲ 图1) 图中的锡球为所要切割的样品。首先，用银胶把样品锡球固定在12mm的PIN针支架上，涂覆10nm金涂层。之后先对样品进行粗切（ $164 \times 78 \mu\text{m}^2$ ，深 $150 \mu\text{m}$ ），在 $30 \text{kV}/1 \mu\text{A}$ 粒子束流下切割10分钟。之后，使用 $100 \text{nA}$ 束流抛光10分钟。最后在摇摆载物台上使用 $10 \text{nA}$ 束流进行精抛10分钟。整个切割、抛光过程只需大约30分钟。图像为 $10 \text{kV}$ 加速电压下，使用In-Beam探测器在分辨率模式下获得。



## 电子光学系统

电子枪	高亮度肖特基
分辨率 二次电子	1.0 nm @ 15 kV 1.8nm @ 1kV 1.4nm @ 1kV (BDT)
In-Beam背散射 STEM	2.0 nm @ 15 kV 0.8 nm @ 30 kV
放大倍率	4 × 到 1 × 10 <sup>6</sup> × 连续可调
加速电压	200 V 到 30 kV/ 减速模式下最低可到50 V
束流	最大 到 200 nA
电子光学工作模式 分辨率模式: 景深模式: 大视场模式:	超高分辨率模式 设置镜筒, 同时获得较高的分辨率和景深 优化镜筒获得无畸变的超大视野, 磁性样品可采用无磁场模式

## 离子枪

分辨率	在SEM-FIB的重合点处: 25nm@30kV
加速电压	3 kV到 30 kV
放大倍率	重合点: 最小150 倍, 最大1 × 10 <sup>6</sup> 倍
离子枪类型	Xe等离子体离子源
探针电流	20 pA 到 2 μ A
SEM-FIB重合点	SEM WD为 5mm / FIB WD 为12 mm
SEM-FIB 夹角	55°

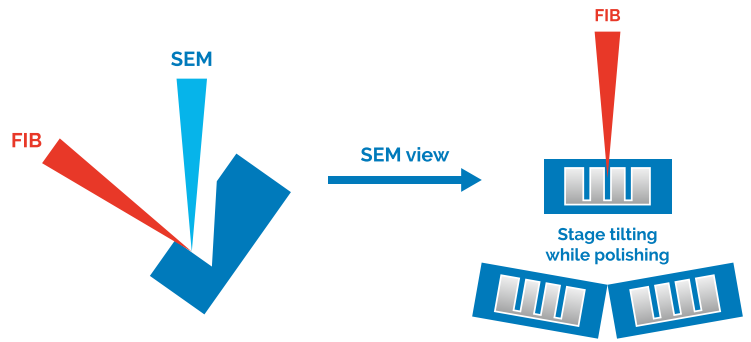
## 气体注入系统

GIS*的标准气体	钨金属沉积 铂金属沉积 绝缘物SiO <sub>x</sub> 金属沉积 强力刻蚀 (H <sub>2</sub> O) 选择性刻蚀Si, SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , W (XeF <sub>2</sub> )
-----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

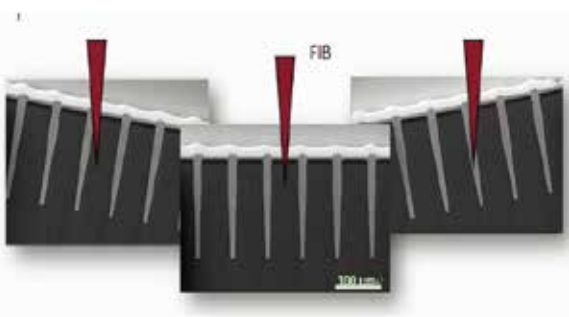
## 摇摆样品台：显著提高抛光效率

截面抛光是FIB主要用途之一，特别是在准备透射电镜分析的样品的时候。在完成粗抛后，为了使抛光的截面更加平整，则往往需要使用较小的束流慢慢修整。如果要抛光的截面很大，则需要很长的时间。为了提高工作效率，减少小束流的精抛过程，Tescan研发了FIB切割专用的摇摆样品台(Rocking Stage)。其工作原理就是样品在摆动过程中进行抛光，可以显著的提高了粗切后的截面质量。

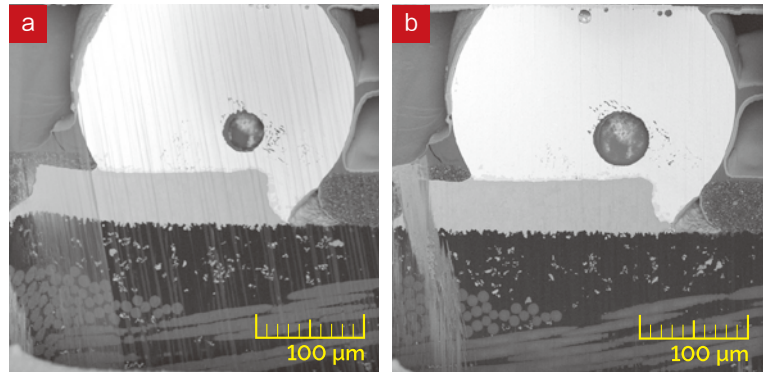
从下图可以看到摇摆样品台的抛光过程，摆动的角度为 $\pm 10^\circ$ 。在持续的抛光过程中，摇摆样品台能够带来高质量的抛光截面，显著提高抛光效率。



在抛光TSV样品时，摇摆样品台倾斜示意图



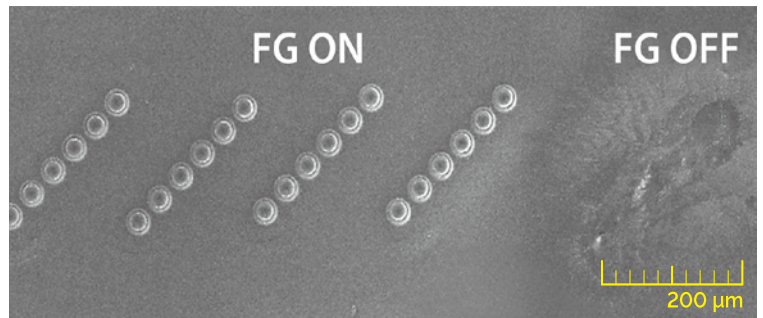
摇摆样品台的抛光过程



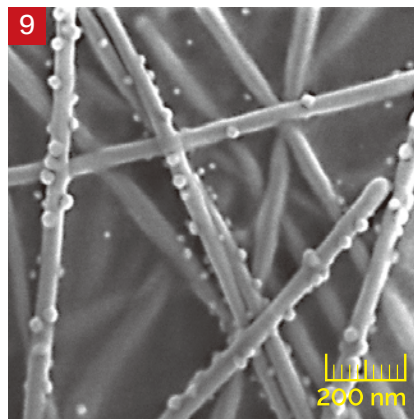
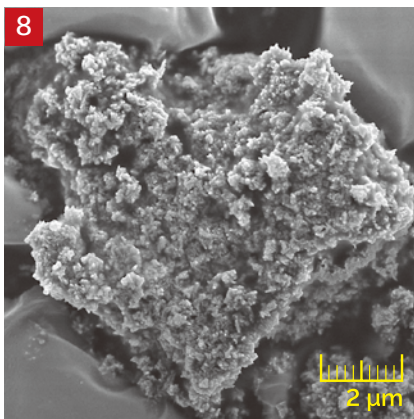
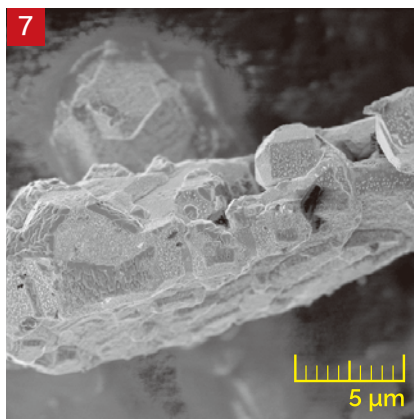
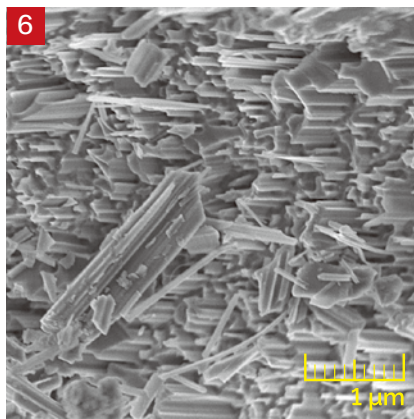
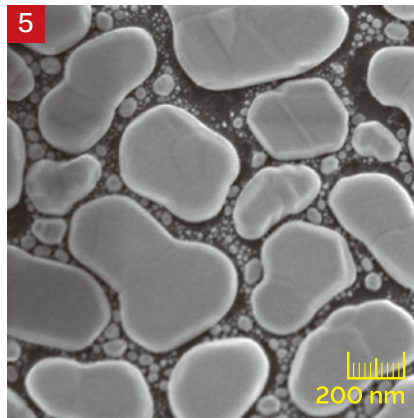
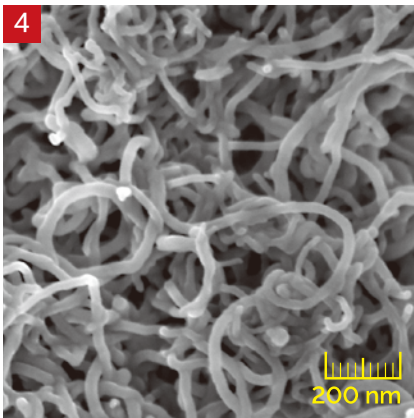
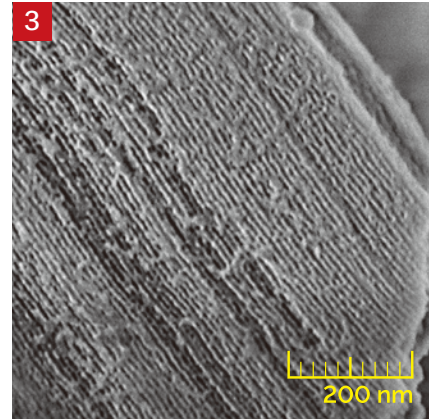
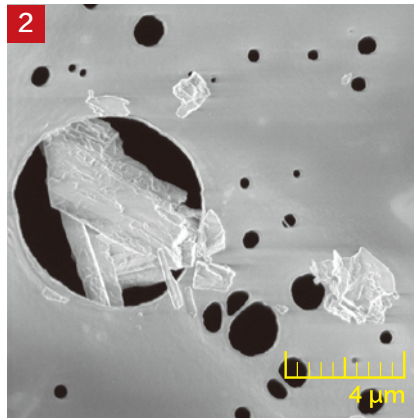
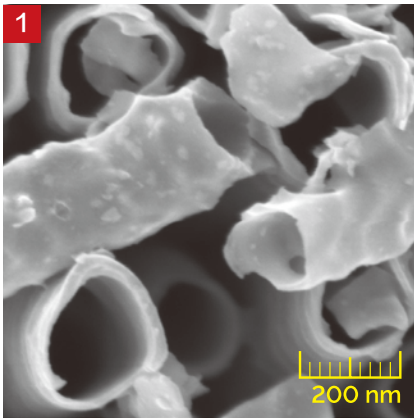
a) 焊锡的截面，抛光效果很差，可以看到明显的“流水效应”。  
b) 使用摇摆样品台后，从不同角度抛光表面，可以很显著的减少“流水效应”，提高抛光效果。

## 浮动电子枪

不导电样品在FIB加工时，表面会有大量的电荷积累，这可能会导致样品发生严重的损坏，也会导致FIB加工的错位。浮动电子枪可以在FIB成像和绝缘材料加工时，保证稳定的电子电流，从而提供一个解决方案。



使用2uA FIB电流将一组圆形刻蚀到玻璃上的SEM图片，浮动电子枪电压设置到50eV，发射电流从40uA变化到10uA。左侧为浮动电子枪打开时，右侧为浮动电子枪关闭时。关闭浮动电子枪后刻蚀，导致了整个结构的破坏。



■ 一系列不同的材料科学样品在低电压加速下的成像图片。一些样品表面不平整，所以不适合在减速模式下观察。

图1 :二氧化钛纳米管, SE(BDM)探头。

图2 :富勒烯, In-Beam探头。

图3 :硅粉, 1.2keV下, SE(BDM) 探头。

图4 :碳纳米管, SE(BDM) 探头。

图5 :金颗粒碳, SE(BDM) 探头。

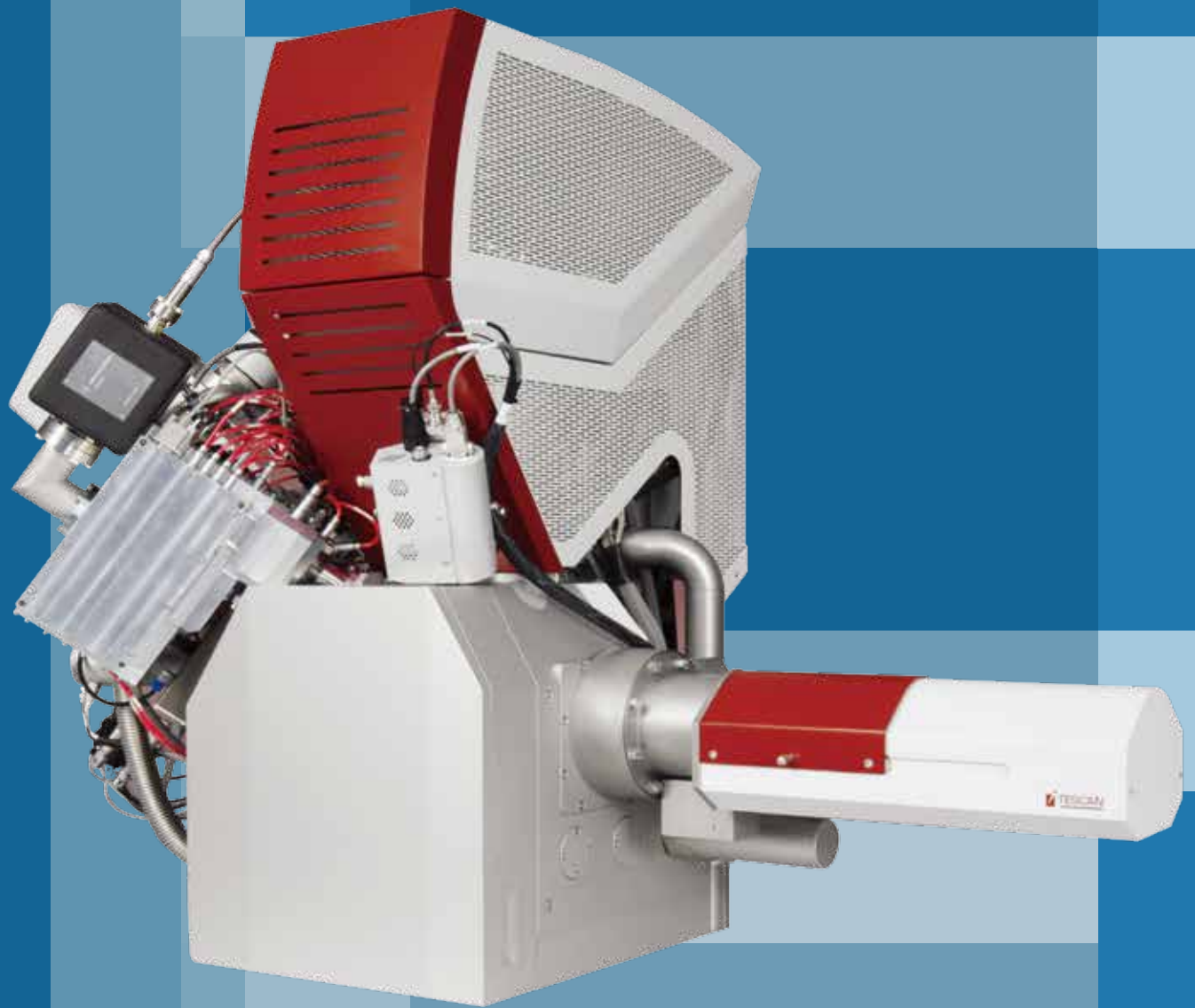
图6 :截面硅表面, SE(BDM) 探头。

图7 :Ag电极, In-Beam探头。

图8 :羟磷灰石生物材料, In-Beam探头。

图9 :Ag线, In-Beam探头。

# FERA3/XEIA3



[www.tescan-china.com](http://www.tescan-china.com)



上海市闵行区联航路1688弄旭辉国际28号楼1层  
电话 +86 21 6439 8570  
传真 +86 21 6480 6110  
邮箱 [applications@tescanchina.com](mailto:applications@tescanchina.com)

[www.tescan-china.com](http://www.tescan-china.com)

