



FESSEM

场发射 扫描电子显微镜

Field Emission
Scanning Electron Microscope

2016

源于国际知名的**中国科学技术大学**

2019

第一台商用扫描电镜，
一经问世，备受好评。

2021

数百研发人员的夜以继日，攻坚克难，
推出场发射扫描电镜，推动国产电镜
技术更上一层楼。

2022

发布 **3 款** 电镜产品，钨灯丝扫描电镜
SEM2000、SEM3200 和突破钨灯丝电
镜极限分辨率的 **SEM3300**，并在同年
实现国产电镜交付**超 100 台**。

2023

发布高速扫描电子显微镜 **HEM6000**，
同年发布自主研发的聚焦离子束电子束
双束显微镜 **DB500** 以及超高分辨场发射
扫描电子显微镜 **SEM5000X**，开启了国
产高端电镜发展的全新时代；国产电镜
交付单年**突破 200 台**。

CONTENTS

目录

场发射扫描电镜

P04-11



SEM4000X



SEM4000Pro



SEM5000Pro



SEM5000X

扩展和软件

P12-15

行业应用

P16-22

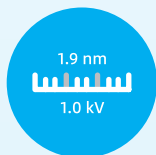


场发射扫描电镜

SEM4000X

稳定通用 灵活高效

SEM4000X 是一款稳定通用，灵活高效的场发射扫描电镜。可达到 1.9 nm@1.0kV，轻松应对各种类型样品的高分辨拍样挑战，可升级超级减速模式，进一步提升低压分辨率。同时采用了多探测器技术，镜筒内电子探测器（UD）可探测 SE 和 BSE 信号，同时具有高分辨率性能。仓内电子探测器（LD）采用了晶体闪烁体和光电倍增管，具备更高的灵敏度和高效性，图像具有很好的立体感。中文操作软件，简单易用，丰富的自动化功能，如自动亮度对比度、自动聚焦、自动像散、自动对中等等，可快速获取超高分辨图像。



高分辨率



多探测器技术



对中简化



沿用高端平台



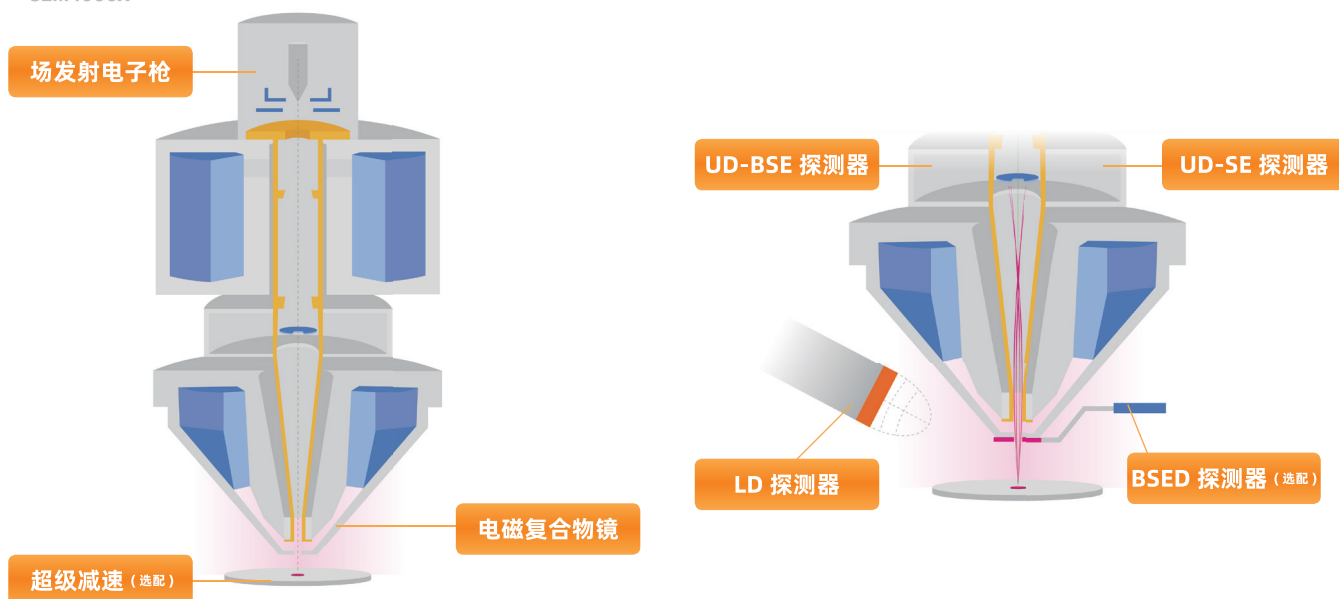
* 超级减速技术



丰富的扩展能力

电子光学

SEM4000X





场发射扫描电镜

SEM4000Pro

大束流分析型

SEM4000Pro 是一款分析型热场发射扫描电子显微镜，配备了高亮度、长寿命的肖特基场发射电子枪。三级磁透镜设计，在 EDS、EBSD、WDS 等应用上具有明显优势。标配低真空模式，以及高性能的低真空二次电子探测器和插入式背散射电子探测器，可观察导电性弱或不导电样品。



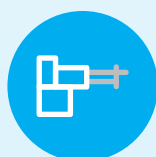
超高分辨率



机械优中心样品台



低真空模式



* 快速换样仓
(最大 8 寸)



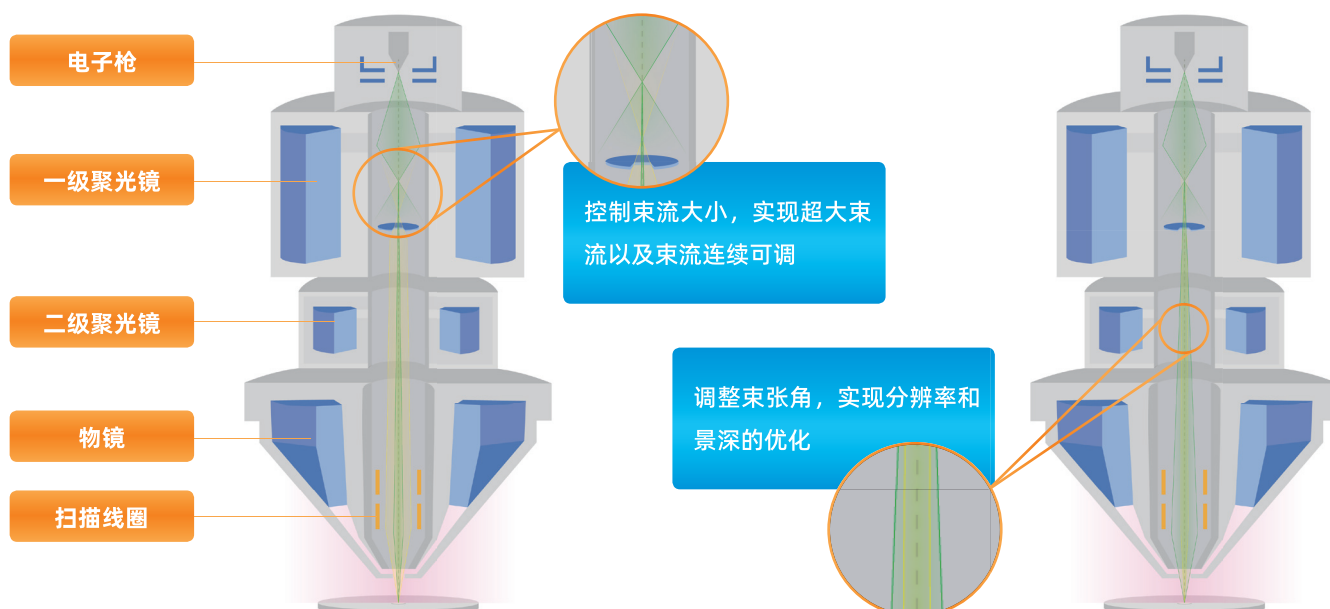
三级磁透镜设计



丰富的扩展能力

电子光学

SEM4000Pro



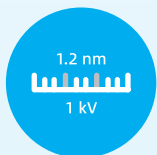


场发射扫描电镜

SEM5000Pro

低电压高分辨

SEM5000Pro 是低电压高分辨的热场发射扫描电镜，使用了高压隧道技术（Super-Tunnel）、无交叉电子光路、静电电磁复合物镜设计，减少了空间电荷效应，降低系统像差，实现了 1.2 nm@1 kV 的分辨能力。低压下的成像分辨能力提升，可对不导电样品或半导体样品进行直接观察，有效降低了样品辐照损伤。



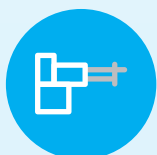
低电压高分辨



高稳定性



镜筒内电子探测器



* 快速换样仓
(最大 8 寸)



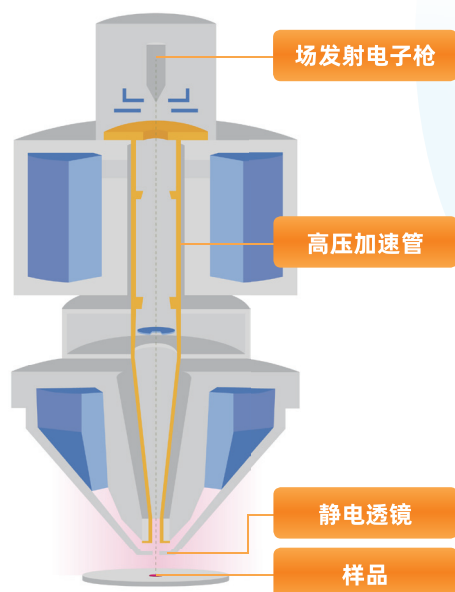
磁偏转六孔光阑



丰富的扩展能力

电子光学

SEM5000Pro



01

高压隧道技术/镜筒内减速
减少空间电荷效应，低电压分辨率得到保证

02

电子光路无交叉
有效降低系统像差，提升分辨能力

03

电磁复合物镜
减小像差，显著提高低电压下的分辨率，而且可观察磁性样品

镜筒技术

05

磁偏转六孔可调光阑
自动切换光阑孔，无需机械调节，快速切换成像模式

04

水冷恒温物镜
保证物镜工作的稳定性、可靠性和可重复性



场发射扫描电镜

SEM5000X

超高分辨 挑战极限

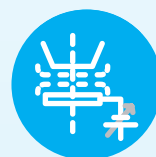
SEM5000X 是一款超高分辨率场发射扫描电镜，电子光学镜筒设计优化，综合像差降低了 30%，从而达到了 0.6 nm@15 kV 和 1.0 nm@1 kV 的超高分辨率。超高分辨率和高稳定性，可在先进纳米结构和纳米材料的研究、高端芯片半导体的研发制造等领域发挥其性能优势。



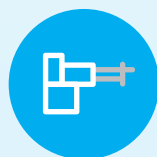
突破性的分辨能力



机械优中心样品台



* 双减速模式 (Dul-Dec)



* 快速换样仓
(最大 8 寸)



高稳定性



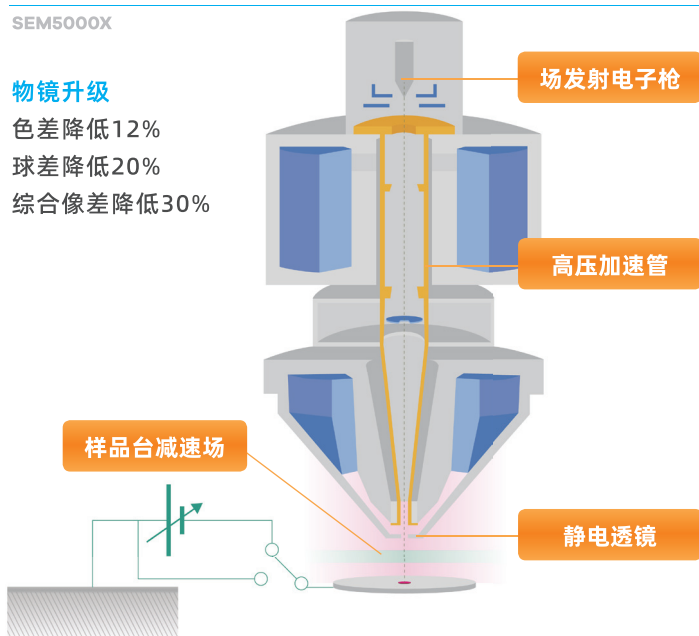
丰富的扩展能力

电子光学

SEM5000X

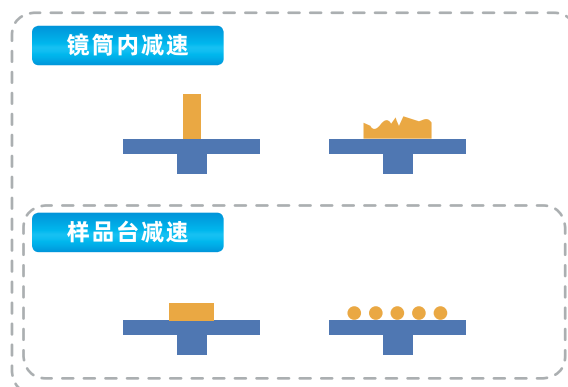
物镜升级

色差降低12%
球差降低20%
综合像差降低30%



双减速技术

仅镜筒内减速，可适用于大块、截面、不规则表面！
双减速技术（镜筒内减速+样品台减速），挑战极限样品拍摄场景！

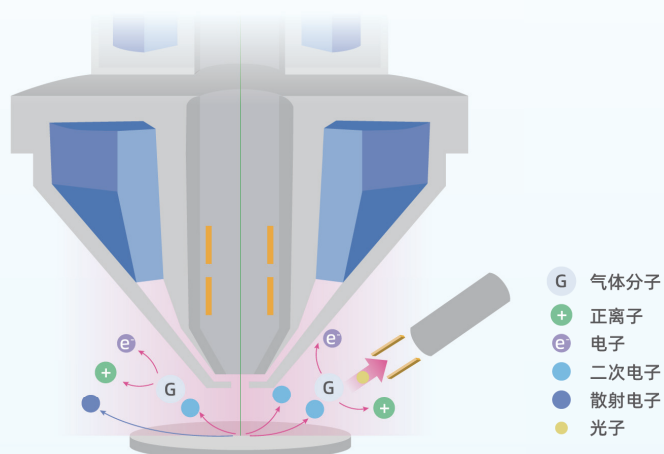
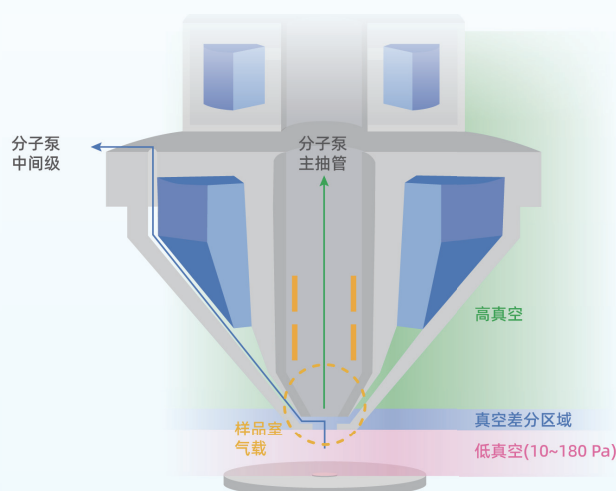


低真空模式

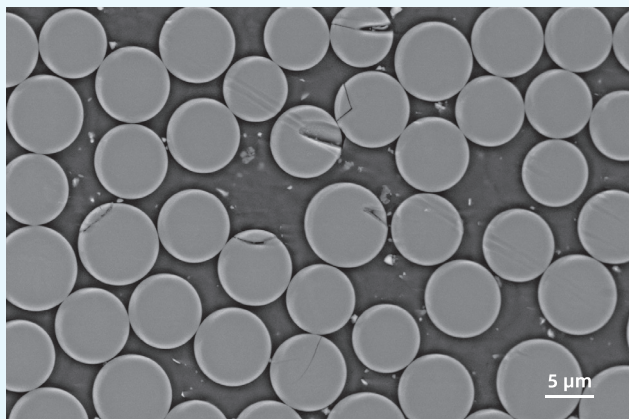
SEM4000Pro

10~180 Pa 低真空范围，无需压差光阑。特殊设计的物镜真空腔体，使得低真空中电子自由程降至最低，低真空分辨率还能保持在 1.5 nm@30 kV。

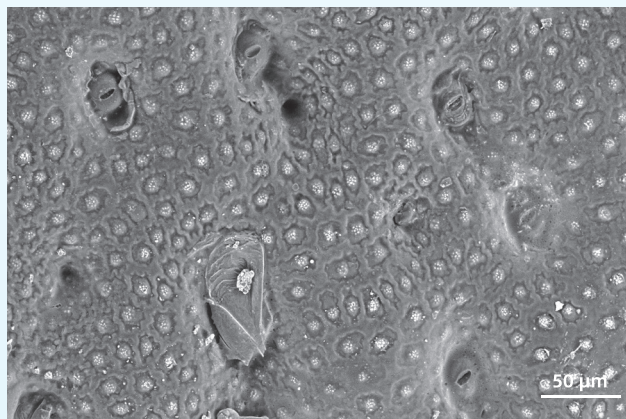
样品表面激发的二次电子信号，将空气分子电离同时产生电子、离子和光信号，产生的电子又会再次电离其他空气分子，低真空二次电子探测器（LVD）可以捕获其中产生的大量光信号。



入射电子束会将样品表面的空气分子电离，产生电子和离子，这些离子会和样品表面产生的荷电中和，达到了减轻荷电的效果。



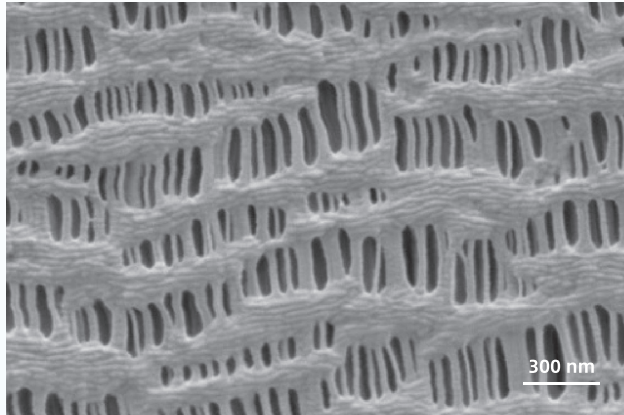
PCB板玻璃纤维/低真空100 Pa/10 kV/BSED



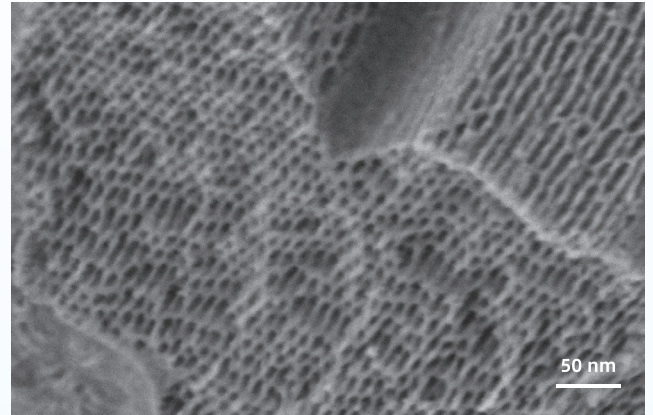
菠萝皮/低真空100 Pa/10 kV/BSED

低压高分辨图片

SEM5000&SEM5000X

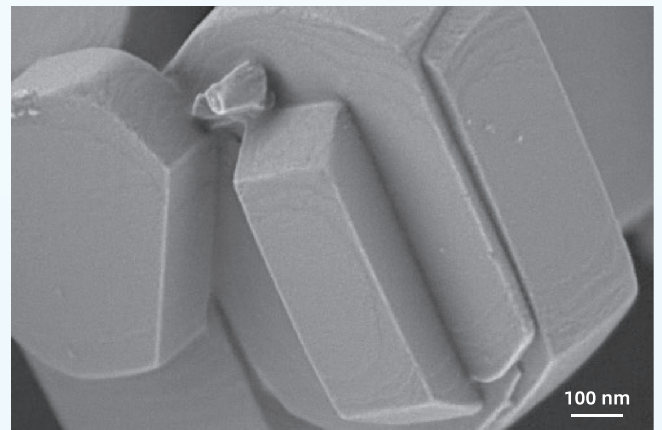
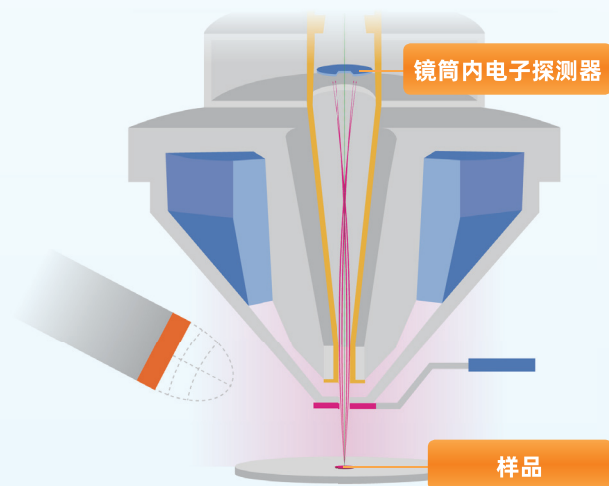


使用镜筒内电子探测器，200 V低压实现对锂电高分子隔膜纤维结构的无损形貌表征。



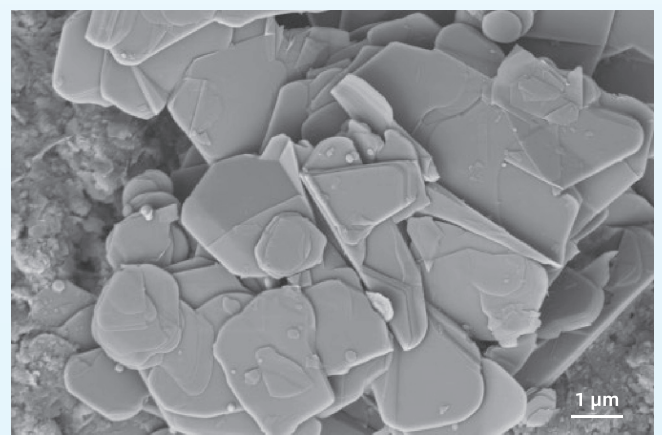
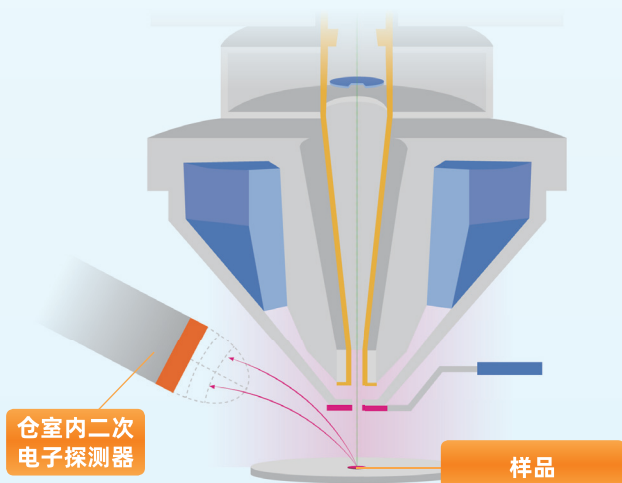
SBA-15硅基介孔材料，使用镜筒内电子探测器500 V低压不喷金实现对分子筛孔道结构的表征（镜筒内减速+样品台减速 双减速模式）。

镜筒内电子探测器



ZSM-8分子筛，一种典型催化剂，跨多学科的热点前沿领域之一。低压不喷金直接表征分子筛颗粒表面细节。

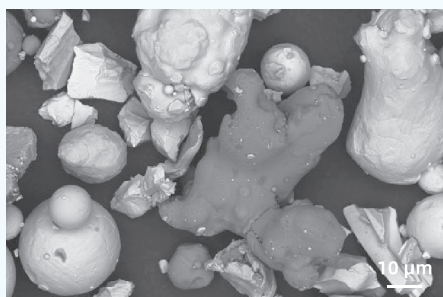
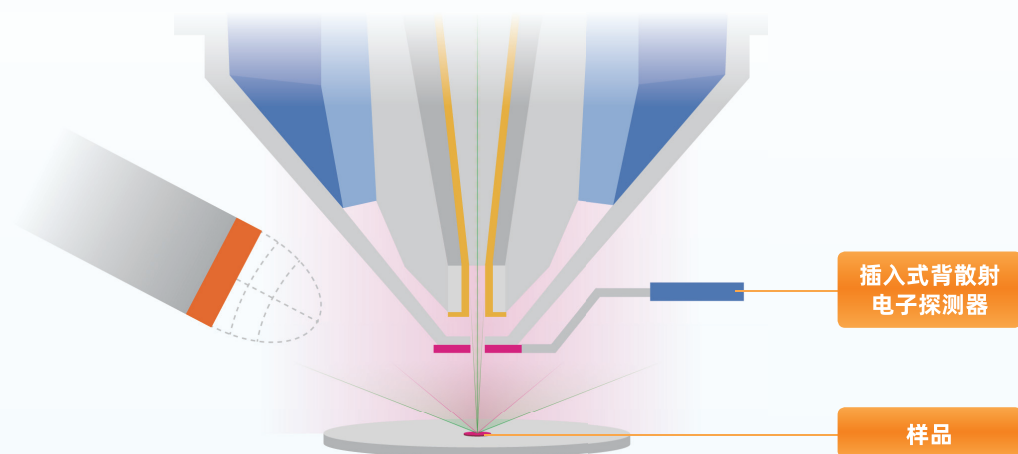
仓室内二次电子探测器(ETD)



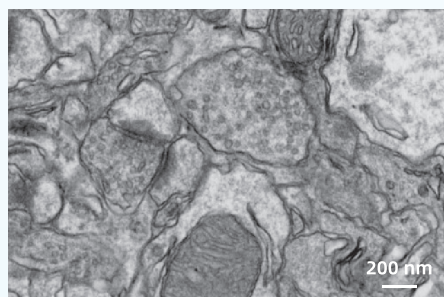
BN陶瓷纳米片，低压ETD探测器表征片层结构。

插入式背散射电子探测器 (BSED)

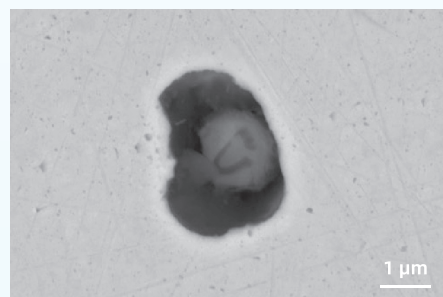
* 选配



高纯合金粉末/10 kV



小鼠脑组织细胞/10 kV

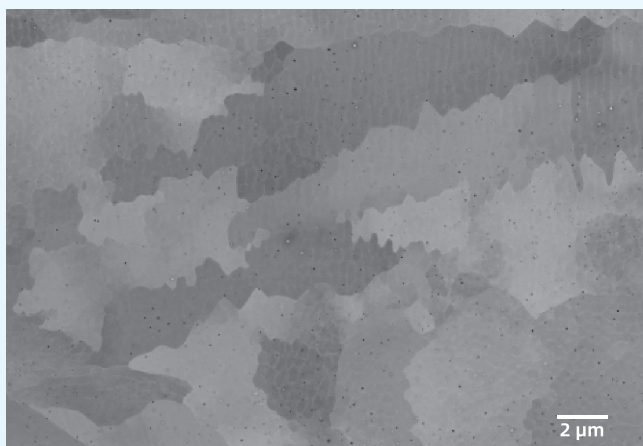


钢铁夹杂物/15 V

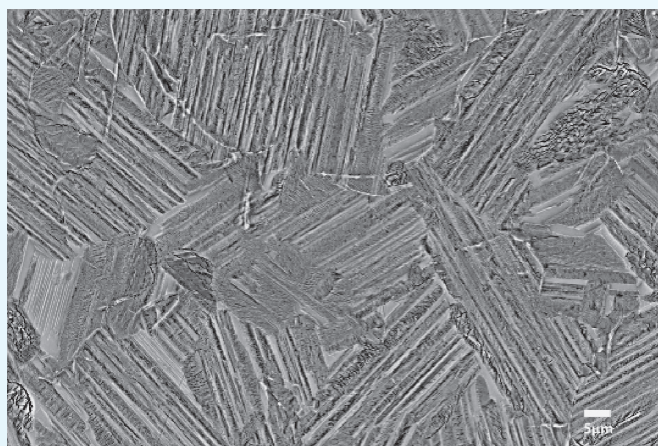
基于 BSED 的 ECCI 电子通道衬度模式

电子通道效应是指当入射电子束与晶格满足布拉格衍射条件时，晶格点对电子的反射大大减弱，大量电子得以穿透晶格，呈现出“通道”效应。

对于成分均匀、且抛光成平面的多晶材料，背散射电子的强度取决于入射电子束与晶面的相对取向。相对取向差越大的晶粒，信号越强、成像越亮，因此可以定性地知道晶粒的取向分布情况。

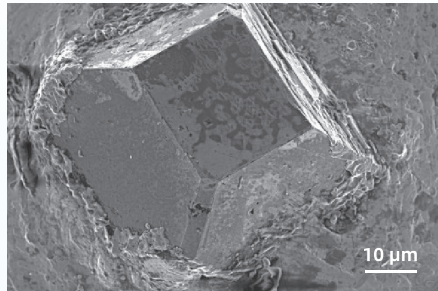


3D打印合金（前处理：离子束抛光）

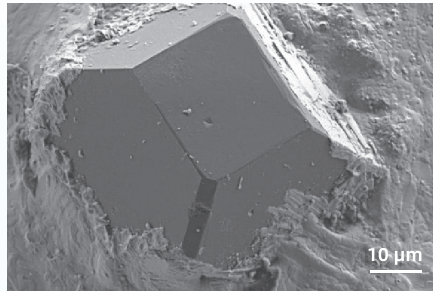


不锈钢（前处理：离子束抛光）

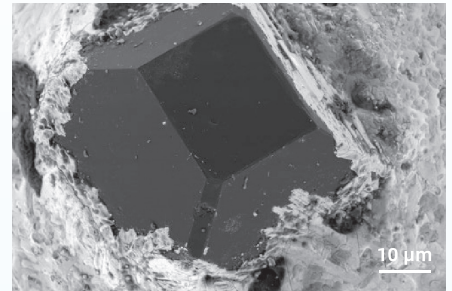
不同探测器同时成像



镜筒内电子探测器 (Inlens)
极表面的形貌特征, 分辨率最好

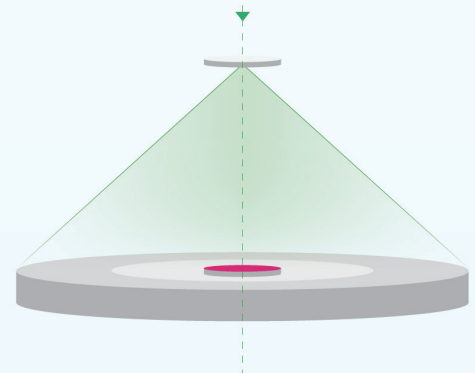
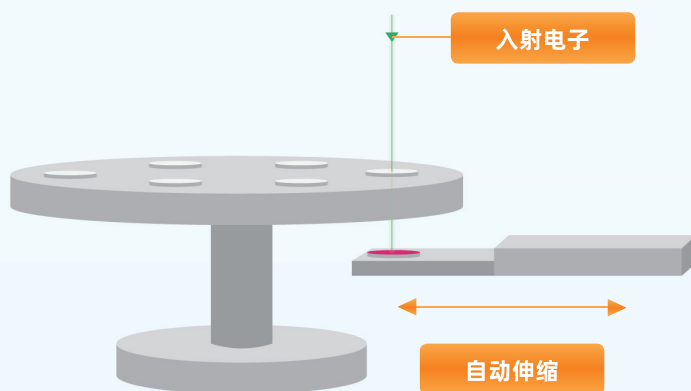


仓室内二次电子探测器 (ETD)
形貌特征, 立体效果好



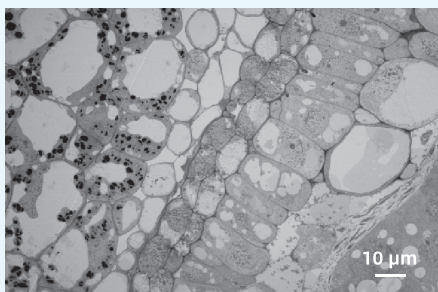
插入式背散射电子探测器
原子序数衬度 (Z-Contrast)

插入式扫描透射电子探测器



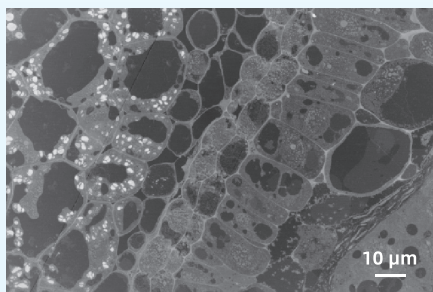
多种工作模式

BF 明场像



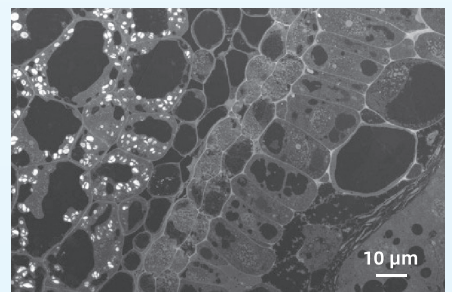
植物切片 明场像 (STEM-BF)

DF 暗场像



植物切片 暗场像 (STEM-DF)

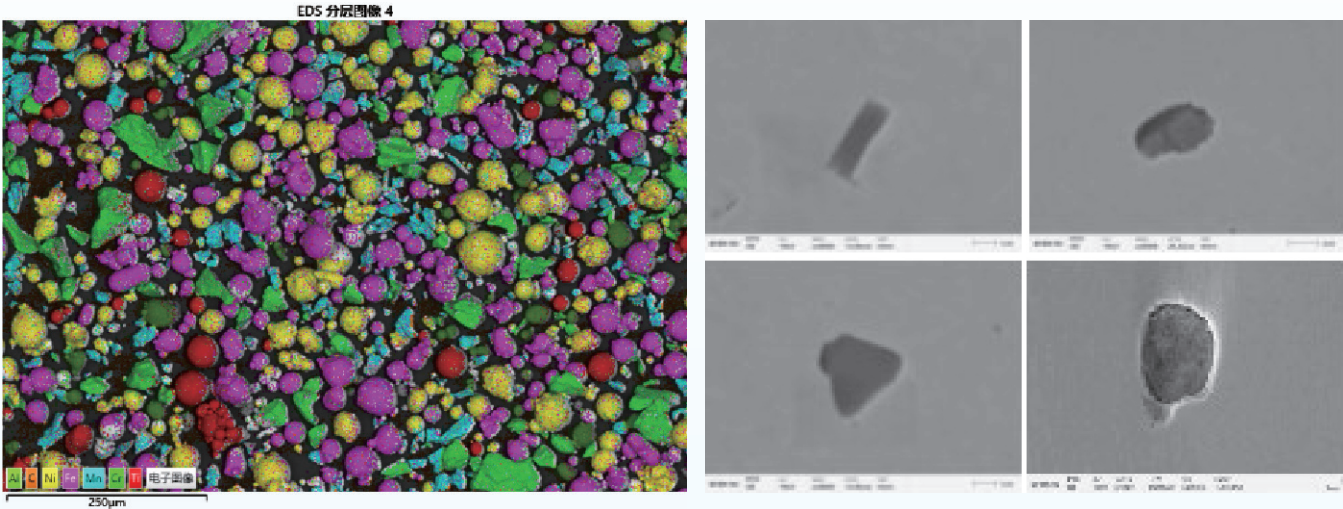
HAADF高角暗场像



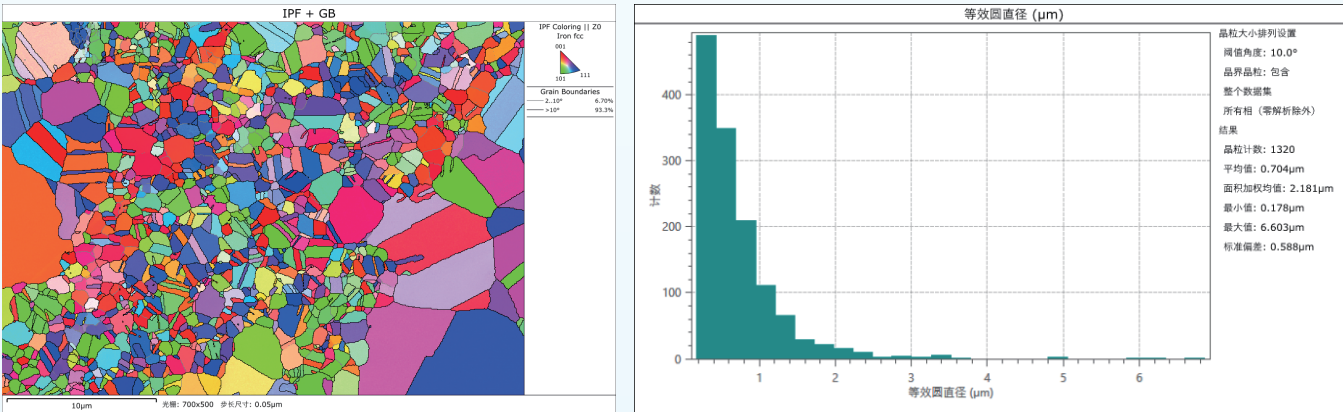
插入式背散射电子探测器
原子序数衬度 (Z-Contrast)

国仪电镜技术进展 - 更多选择

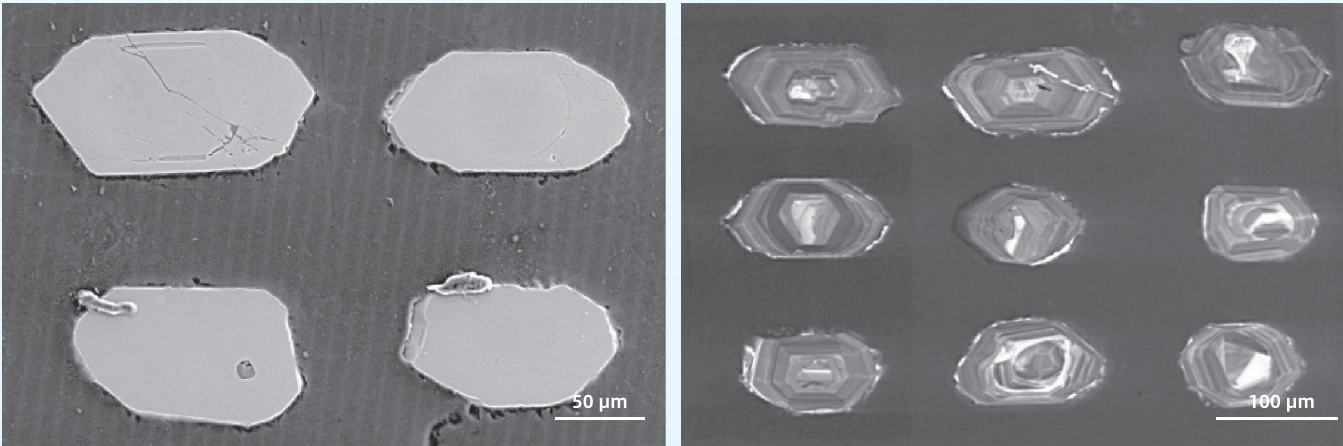
能谱



EBSD



阴极荧光 (CL)



快速换样仓

* 选配

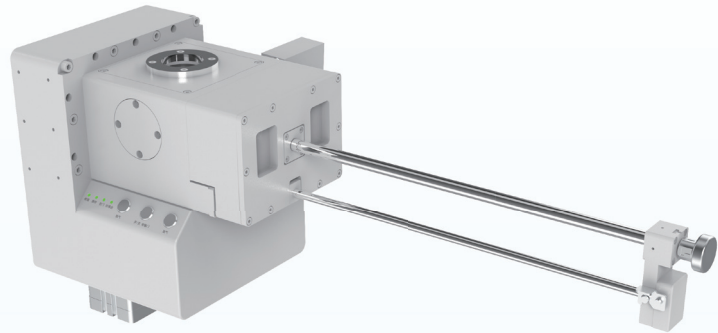
技术特点

有效减少仓内污染

直线导轨设计，抽屉式开合

4寸 (110mmx40mm)

8寸 (208mmx40mm)



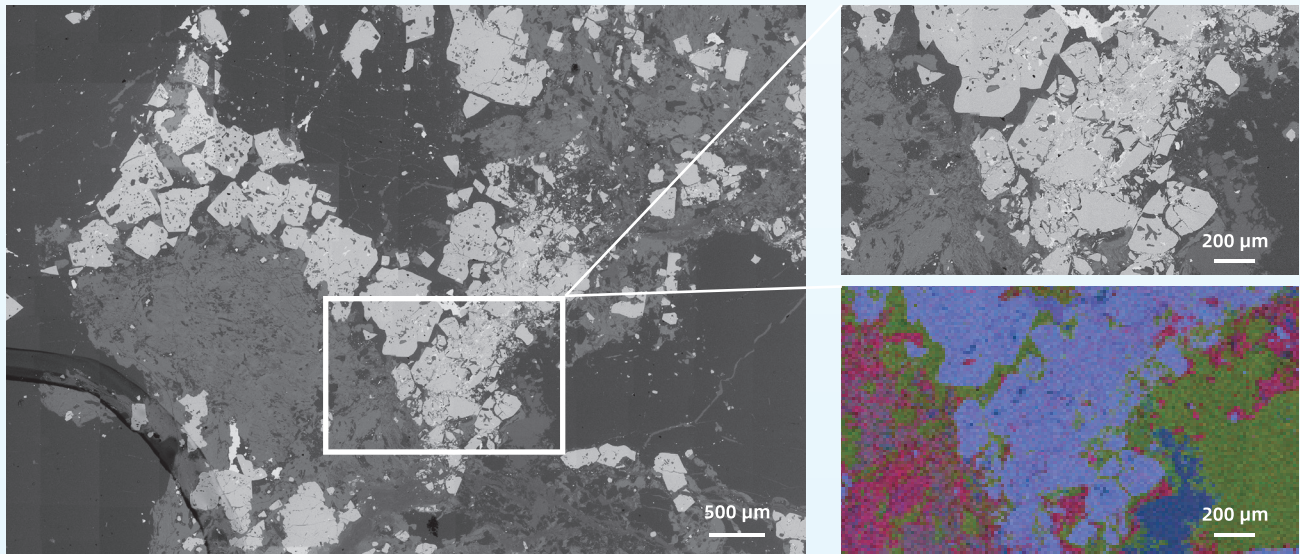
旋钮板 & 轨迹球

* 选配



自动采图 & 拼图软件(AutoMap)

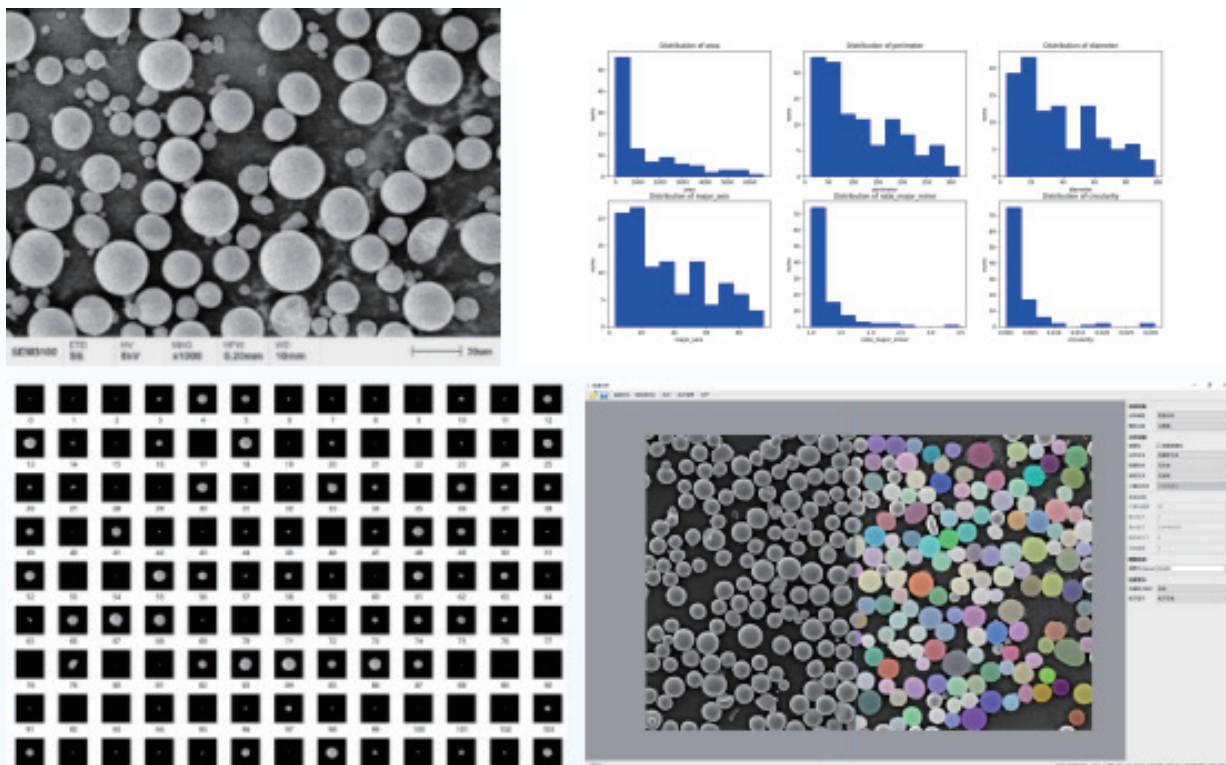
* 选配



- 最大视场大于 100 mm²
- 单张图片最大可支持 48k, 拼接图片最大支持八千亿像素点
- 局部最优和全局最优专利算法, 实现最佳拼接效果
(* 专利号: 202210372676.8)
- 预设拍图参数, 实现无人值守的连续图像采集和实时拼接
- 采图过程中支持自动聚焦、自动像散和自动亮度对比度功能
- 离线数据浏览, 拼接图片可导入其他处理软件
- 内置多种图像测量工具

颗粒和孔隙分析软件(Particle)

* 选配



采用了对多种目标检测和分割算法，适用不同的颗粒和孔隙类样品。可完成颗粒和孔隙统计的定量分析，可应用于材料科学、地质科学、环境科学等领域。

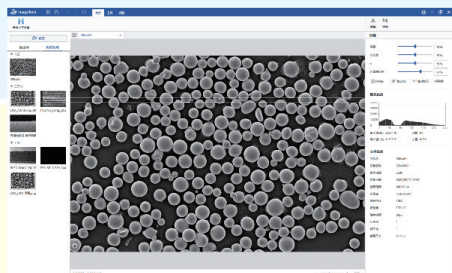
- 使用 Mask-RCNN 目标检测与实例分割算法，无需调参即可精准识别图像中的粒子
- 经典分水岭算法及集合轮廓非凸切割法针对粘连重叠粒子的精准切割
- 颗粒物统计和孔隙分析两种模式
- 多种形态学信息统计分析与导出，如粒度数量，平均面积，粒径，孔隙率等

Mask-RCNN: Mask Region-based Convolutional Neural Network 是一种用于目标检测和实例分割的深度学习模型

图像后处理软件 (ImageTech)

* 选配

- 离线运行，随时随地处理您的数据
- 伽马矫正
- 自动亮度对比度
- 自动 AI 降噪
- 直方图分析
- 分辨率计算
- 图像测量和标记
- 兼容多种图像格式，如 TIFF/PNG/JPG/BMP



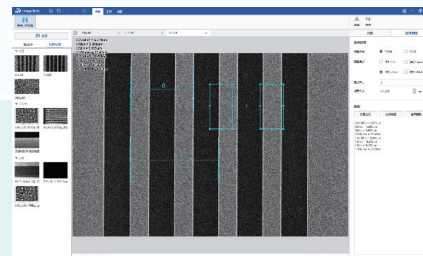
在线或离线对电子显微镜拍摄后的图像进行图像后处理，集成了最常用的电镜图像处理功能，如伽马矫正、亮度对比度矫正、自动 AI 降噪、分辨率计算以及常用的测量和标注工具。

关键尺寸测量软件(AutoMeasure)

* 选配

- 选框内全像素点梯度计算，边缘识别更精准
- 兼容多种图像格式，如 TIFF/PNG/JPG/BMP
- 多种边缘识别模式，如 line, space, pitch
- 内置多种图像后处理功能

使用算法自动识别线宽边缘，测量结果更准确，一致性更高。支持多种边缘识别模式，如 Line、Space、Pitch 等，兼容多种图像格式，并内置了多种常用图像后处理功能，软件使用简单高效准确。



软件开发工具包 (SDK)

* 选配

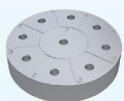
- 支持常用编程语言，如 C++、Python、C# 等等
- 提供 C++ 和 Python 调用案例
- 完善的接口定义和说明文档
- 可实现扫描电镜的全部功能控制



提供了一套控制扫描电镜的接口，如图像采集、工况设置、开关机、位移台控制等。简明的接口定义，可快速开发特定的电镜运行脚本和软件，实现自动追踪感兴趣区域、工业自动化采集、图像漂移矫正等功能。可进行硅藻自动分析、钢铁夹杂物、清洁度分析、原材料控制等特色软件的开发。

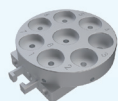
多种样品托盘 (可定制)

标准配置



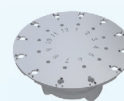
标准9孔托盘

参数：9 孔，台面直径 50 mm



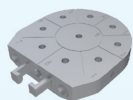
快换减速样品托盘

参数：8 孔，台面直径 50 mm



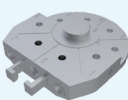
6寸晶圆托

参数：6 寸



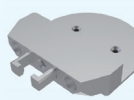
快换9孔托盘

参数：9 孔，台面直径 50 mm，支持样品高度 5 mm



快换9孔托盘

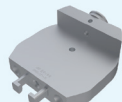
参数：9 孔，台面直径 50 mm，支持样品高度 14 mm



快换平面托盘

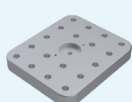
参数：台面直径 50 mm，支持样品高度 20 mm

定制配置



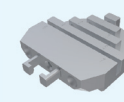
定制快换EBSD70°托盘

参数：台面 70°



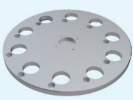
定制19孔托盘

参数：台面尺寸 81x70x11 mm³



定制快换截面托盘

参数：台面直径 50 mm，支持样品高度 14 mm



定制9孔模具托盘

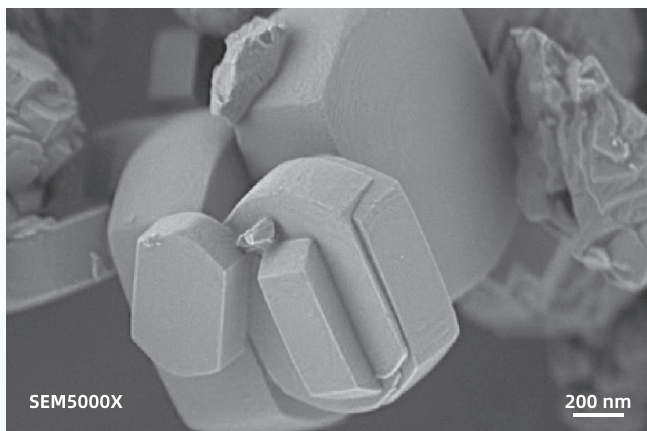
参数：定制直径 25 模具 9 个
台面尺寸 86x86x10 mm³



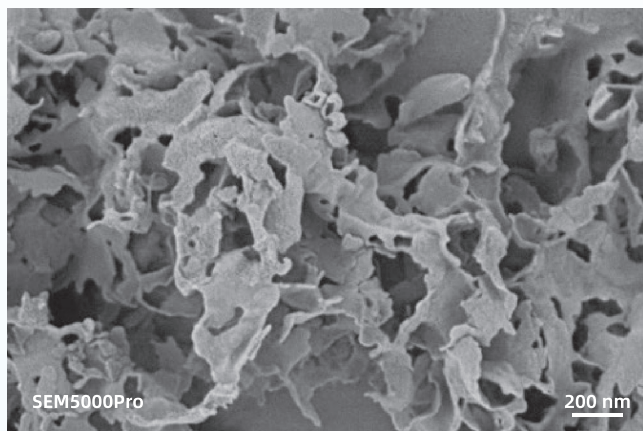
可根据不同应用场景
定制样品托盘

材料科学

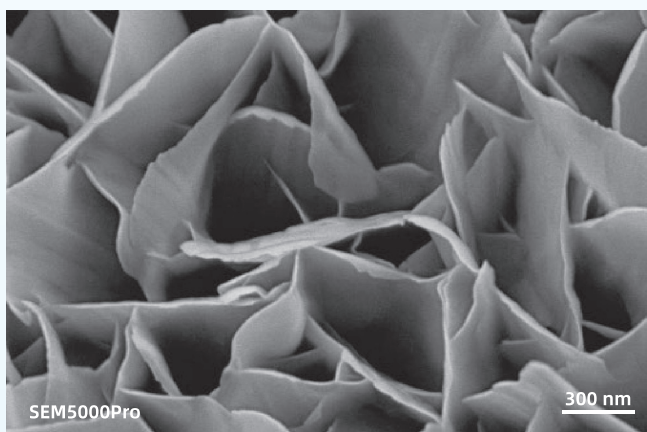
纳米材料



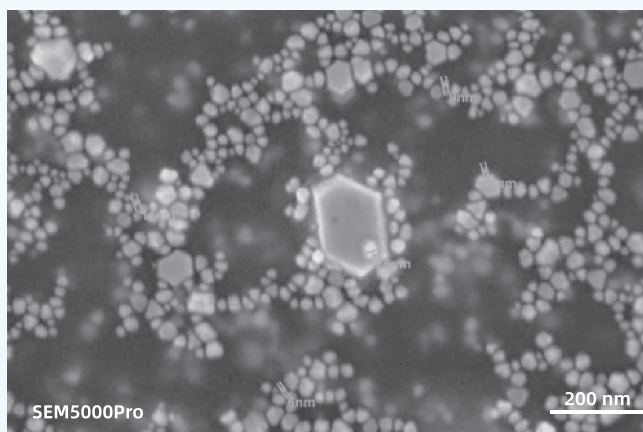
分子筛，不喷金，500 V 减速模式（表面信息敏感条件）高分辨成像，对粒形和粒径表征。



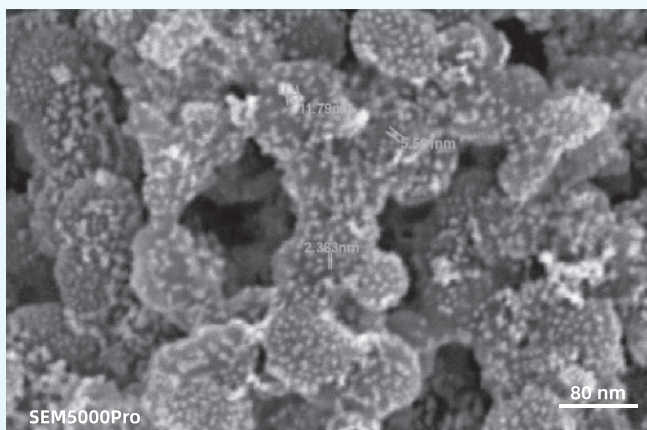
不导电二维材料 C₃N₄，500 V 低压条件下对其精细片层结构进行无损表征。



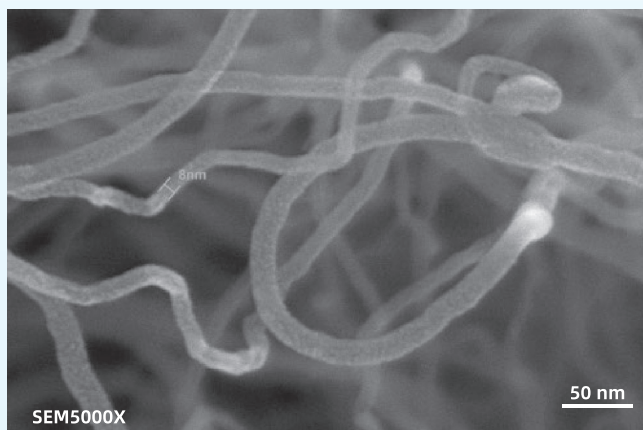
2 kV 仓室内二次电子探测器 (ETD) 对泡沫镍成像，立体感强。



3 kV 高真空条件下，镜筒内电子探测器 (Inlens) 轻松实现对几纳米银粉的成像。



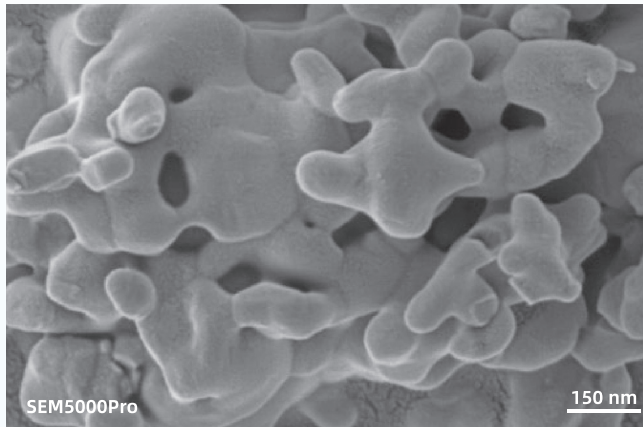
一种常见 Pt-C 催化剂，2 kV 电压下，对铂颗粒在碳材料上的负载分布情况成像。



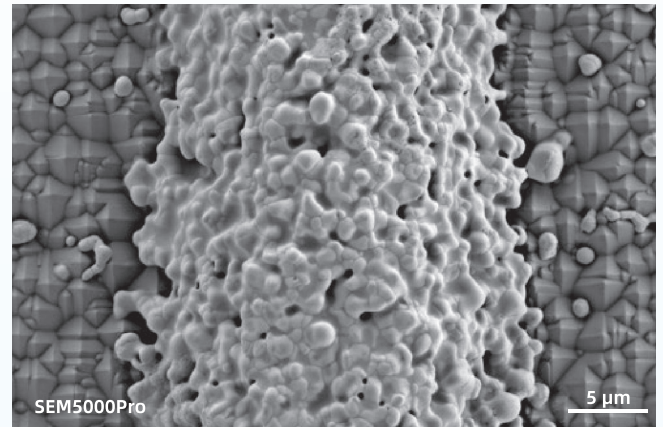
镜筒内电子探测器 (Inlens) 对碳纳米管进行高分辨成像。
放大倍数：3,000,000 ×

材料科学

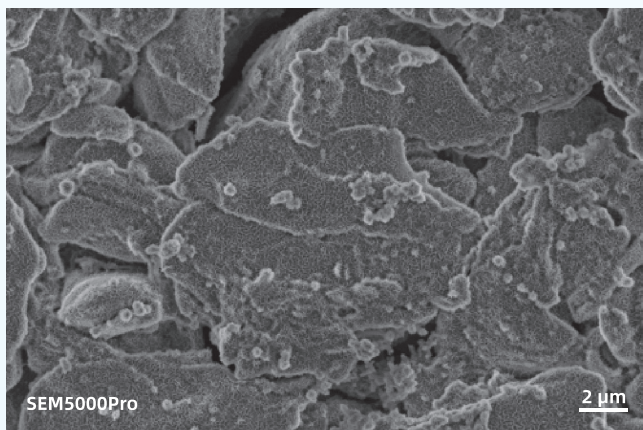
能源材料



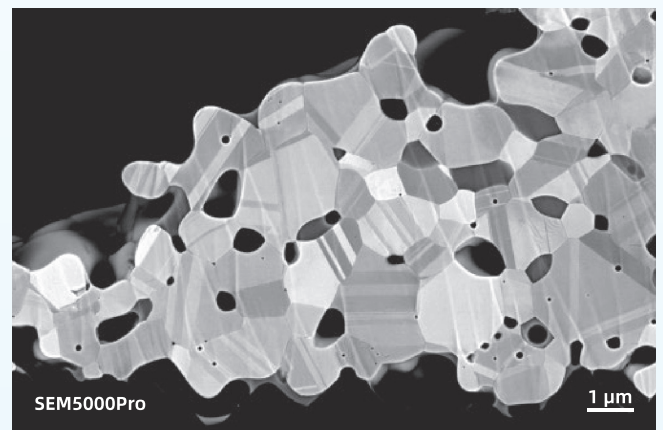
锂电正极前驱体 - 磷酸铁，导电性差，低压 1 kV 条件下使用镜筒内电子探测器（Inlens）成像。



2 kV 使用仓室内二次电子探测器（ETD）检测光伏硅片表面金属化工艺质量。

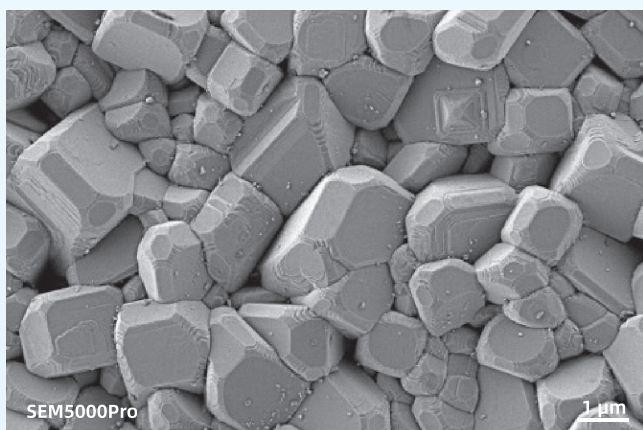


3 kV 高真空条件下，镜筒内电子探测器（Inlens）对失效负极极片表面 SEI 膜成像。

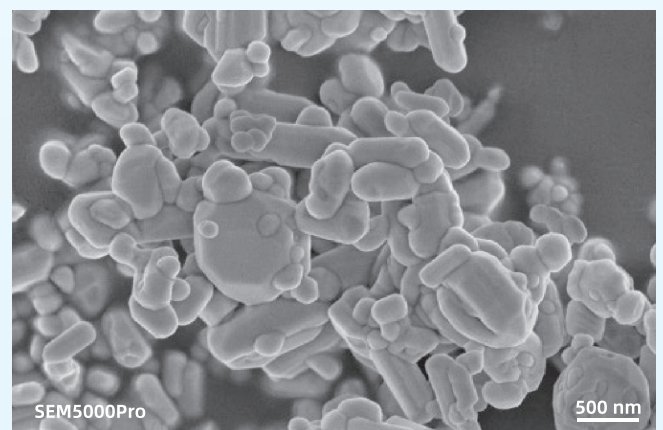


5 kV 电压，插入式背散射电子探测器（BSED）区分银金属电极截面的通道衬度和形貌细节。前处理：离子束抛光。

陶瓷材料



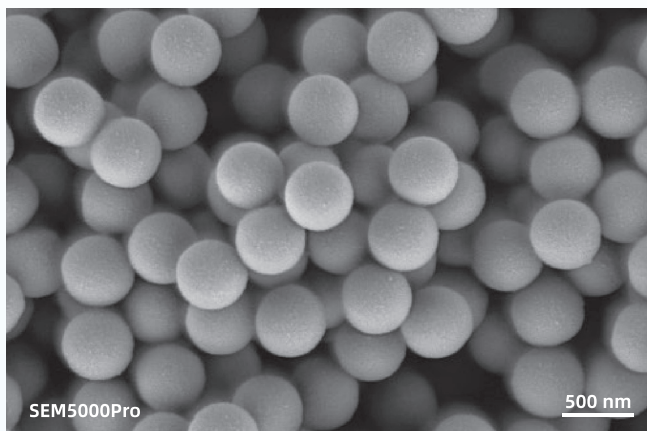
2 kV 仓室内二次电子探测器（ETD）对陶瓷片表面颗粒形貌，生长台阶成像。



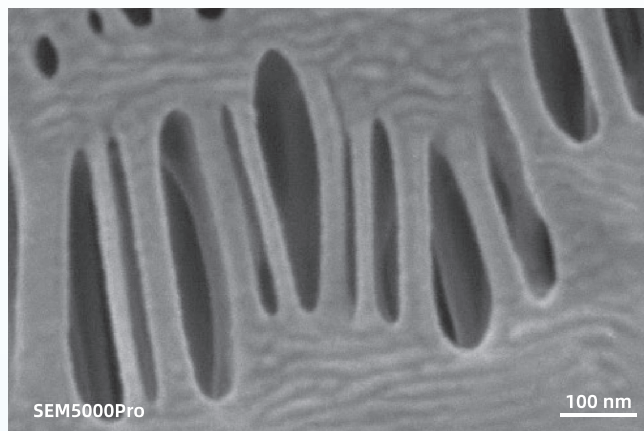
3 kV 电压下，使用镜筒内电子探测器（Inlens）对电子陶瓷钛酸钡成像。

材料科学

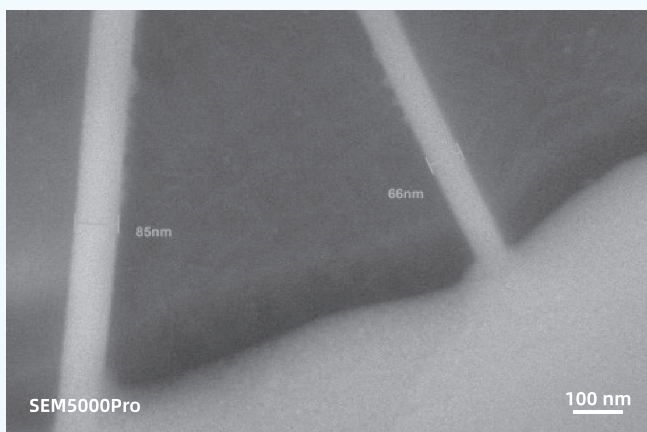
高分子材料和金属材料



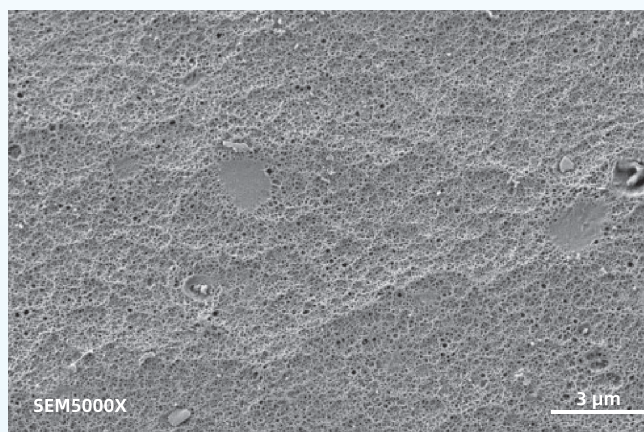
在高真空低压 1 kV 工况下，使用仓室内二次电子探测器（ETD）对聚苯乙烯微球形貌成像，无荷电现象，立体感强。



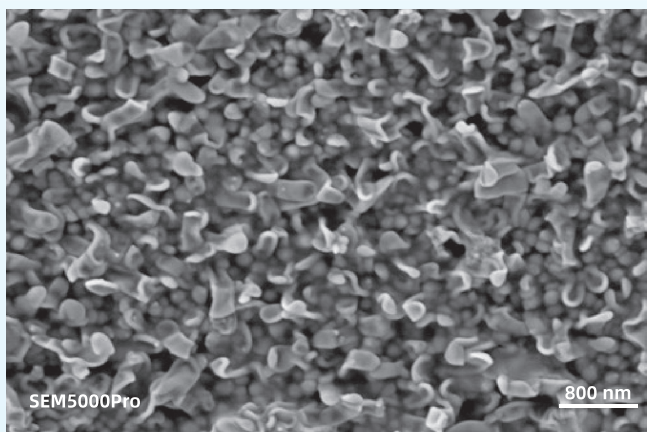
500 V 表面信息敏感条件下对锂电高分子干法隔膜纤维无损成像。



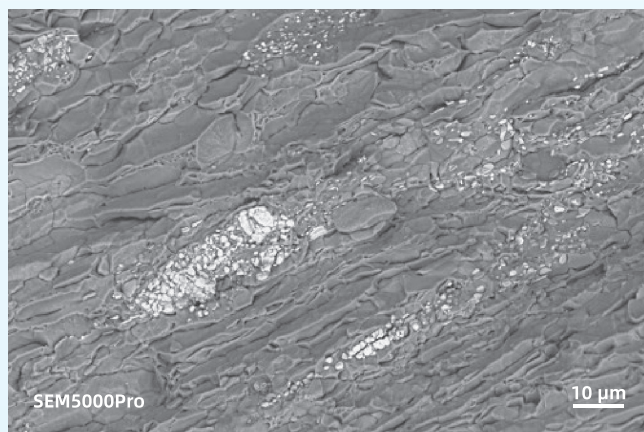
断口中纳米级析出相，插入式背散射电子探测器（BSED）高分辨成像。



2 kV 高真空条件下，对高分子水凝胶表面孔洞分布表征前处理：临界点干燥。



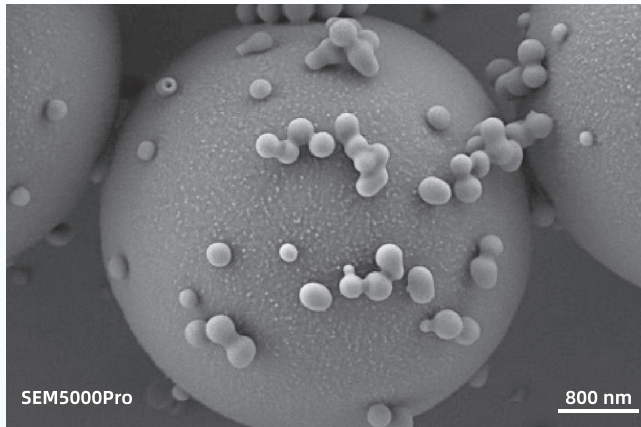
用于污水处理的超滤聚砜薄膜，使用 2 kV 电压仓室内二次电子探测器（ETD）成像。



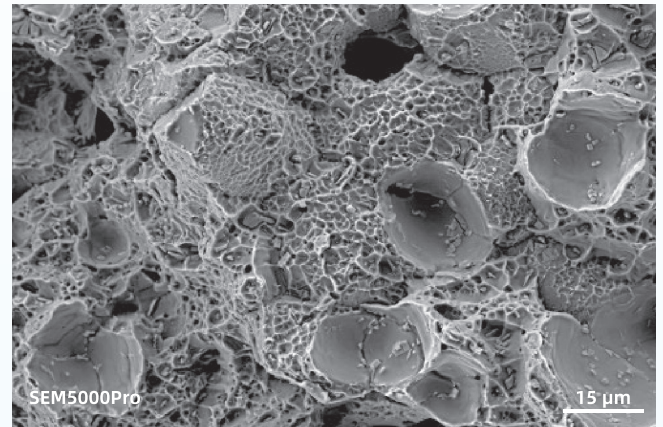
插入式背散射电子探测器（BSED）获得断口形貌信息，提供成分衬度信息。

磁性材料

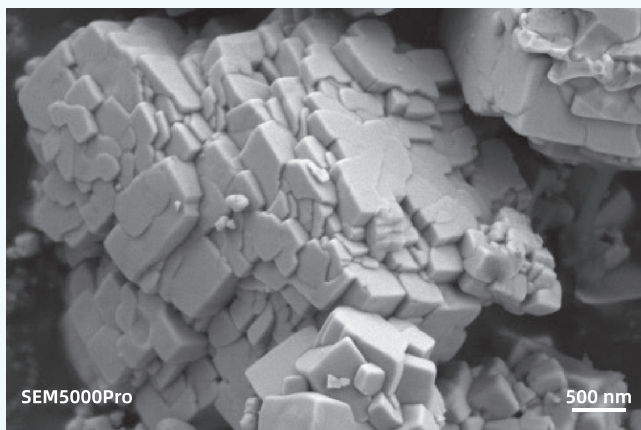
高分子材料和金属材料



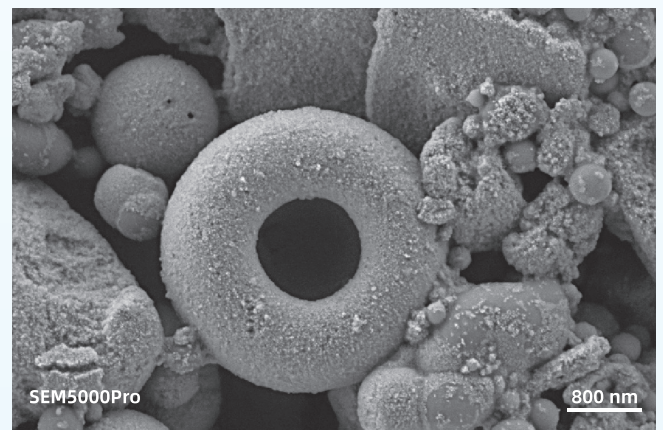
高分子磁珠，导电性差，使用低压 2 kV 仓室内二次电子探测器（ETD）表征可用于生物靶向载药载体。



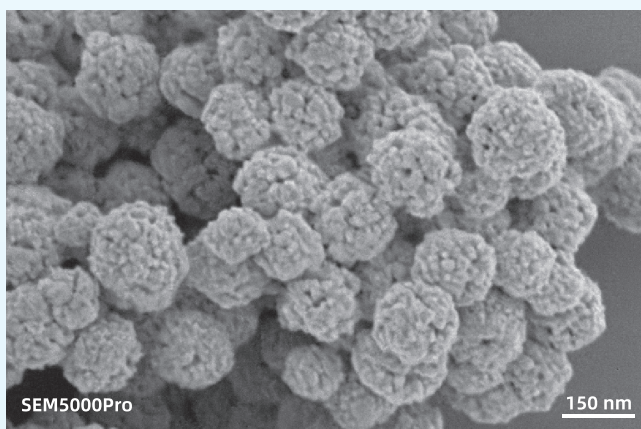
10 kV 仓室内二次电子探测器（ETD）表征铁镍合金金属断口。



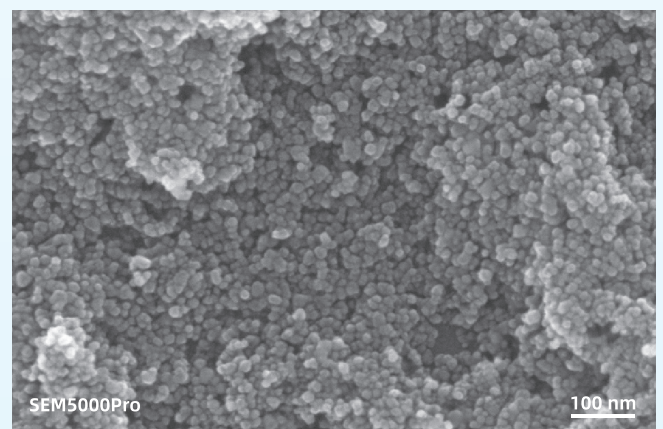
无漏磁设计，轻松实现对 $\text{Ba}_2\text{Fe}_{0.8}\text{Nb}_{1.2}\text{O}_6$ 强磁粉末的微观形貌表征。



高分子磁珠，使用低压 2 kV 仓室内二次电子探测器（ETD）表征，立体感强。

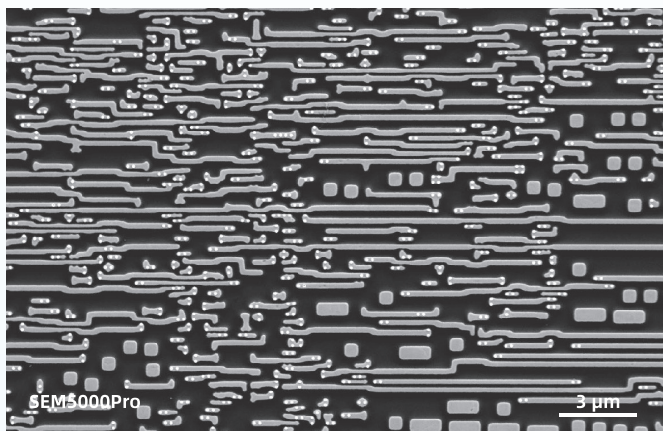


使用 1 kV 低压工况表征，细胞分选，免疫检测相关领域用。

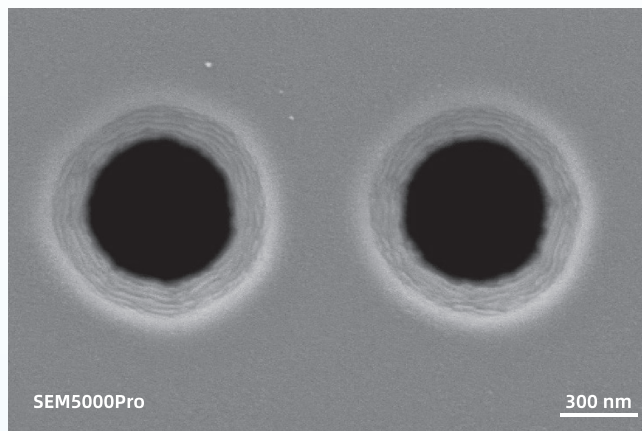


常见的含 Fe、Mn 的金属粉末，具有磁性，颗粒尺寸在 20 nm 以内。

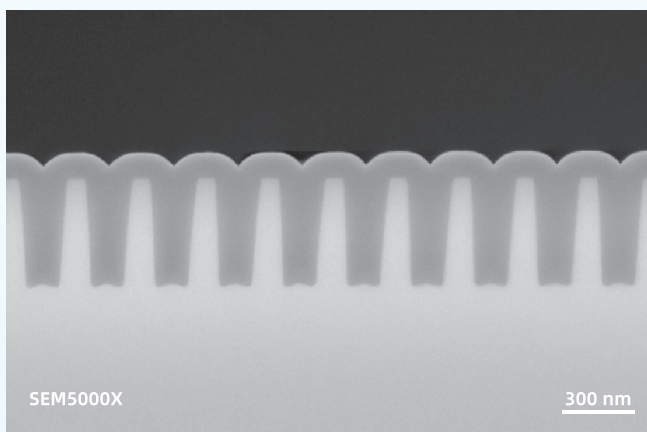
半导体材料



使用插入式背散射电子探测器（BSED）对芯片表面图形线路进行成像。



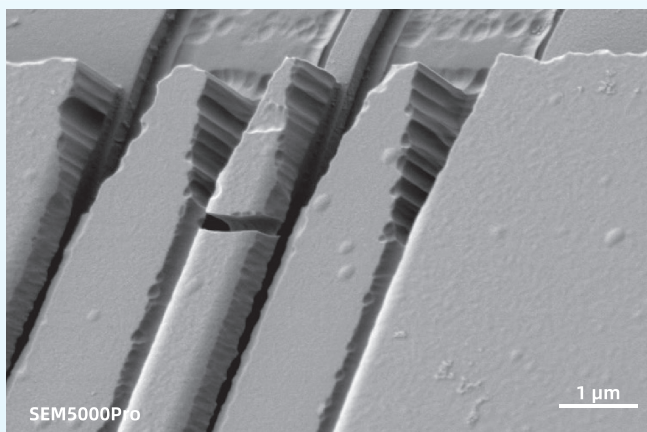
低压 2 kV 仓室内二次电子探测器（ETD）表征光刻胶表面和孔洞边缘纹理，立体感强。



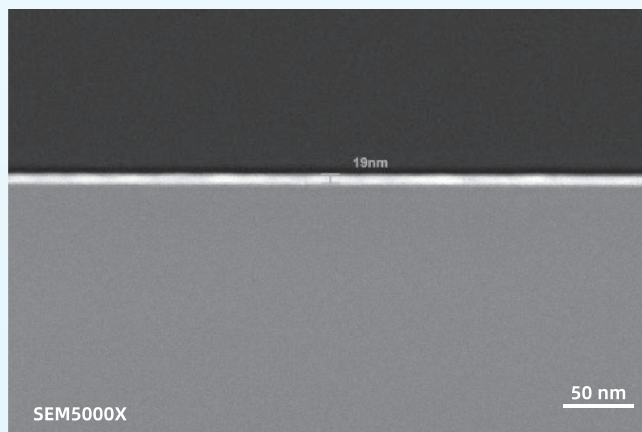
插入式背散射电子探测器（BSED）对晶圆截面特征图形结构成像，提供成分衬度信息。



使用插入式背散射电子探测器（BSED）对芯片上金线焊点成像。前处理：离子束抛光。



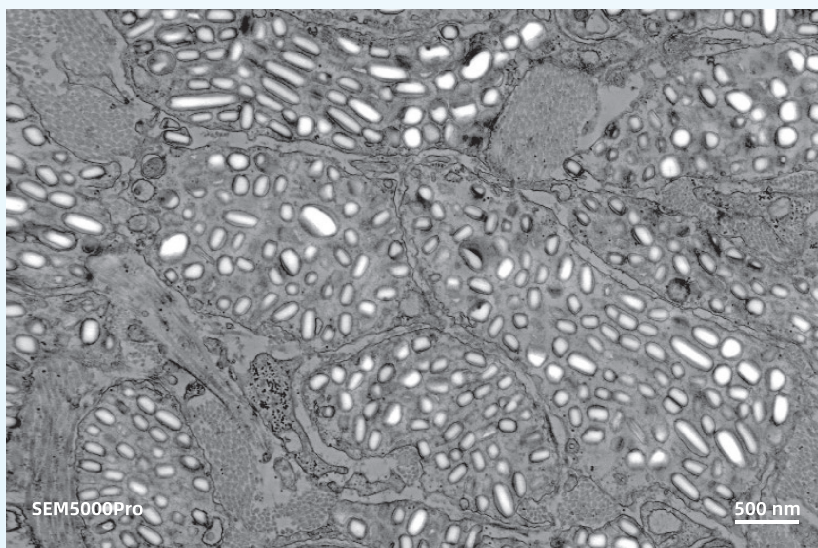
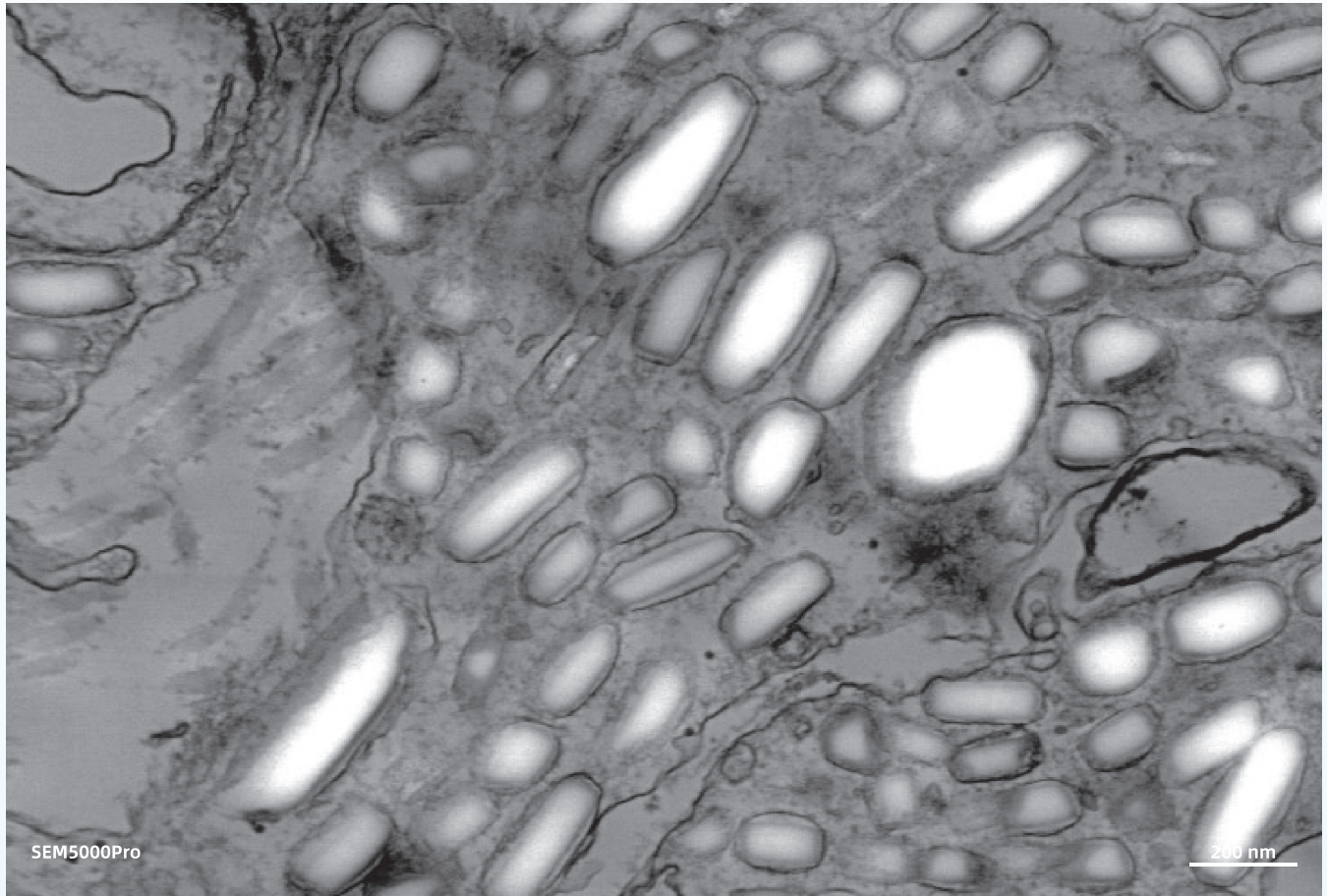
低压 1 kV 仓室内二次电子探测器（ETD）表征波导表面特征图形结构。



镜筒内电子探测器（Inlens）对硅片截面纳米级膜结构成像。

生命科学

蜥蜴皮肤细胞



自然界中的动物体色，可以按形成机制分为两类：色素色和结构色。色素色的产生是通过色素成分的含量变化以及颜色的叠加实现的，类似于“三原色”的原理；而结构色是通过细密的生理结构反射光线产生不同波长的反射光而形成的颜色，其基础主要是光学原理。

虹彩细胞具有类似衍射光栅一样的结构，我们暂且称它为晶体片，晶体片能够反射、散射不同波长光。研究发现通过蜥蜴虹彩细胞中晶体片的大小、间距、角度等变化，可以改变它们的皮肤散射和反射的光波长，这一点对研究蜥蜴皮肤变色产生的机制具有重要的意义。

SEM5000-STEM 附件对蜥蜴皮肤细胞中的虹彩细胞进行表征

参数指标

参数		SEM4000X	SEM4000Pro	SEM5000Pro	SEM5000X
关键参数	分辨率	0.9 nm@30 kV, SE 1.2 nm@15 kV, SE 1.9 nm@1 kV, SE 1.5 nm@1 kV(超级减速) 1.0 nm@15 kV(超级减速)	0.9 nm @ 30 kV, SE 2.5 nm @ 30 kV, BSE, 30 Pa 1.5 nm @ 30 kV, SE, 30 Pa	0.8 nm @ 15 kV, SE 1.2 nm @ 1.0 kV, SE	0.6 nm @ 15 kV, SE 1.0 nm @ 1.0 kV, SE
	加速电压	200 V~30 kV	200 V ~30 kV	20 V ~30 kV	20 V ~30 kV
	放大倍率	1~1,000,000×	1 ~1,000,000 ×	1 ~2,500,000 ×	1 ~2,500,000 ×
	电子枪类型	肖特基场发射电子枪			
样品室	低真空模式	/	最大 180 Pa	/	/
	摄像头	双摄像头（光学导航 + 样品仓内监控）			
	XY 行程	110 mm	110 mm	110 mm	110 mm
	Z 行程	50 mm	65 mm	50 mm	65 mm
	T 行程	-10° ~+70°	-10° ~+70°	-10° ~+70°	-10° ~+70°
	R 行程	360°	360°	360°	360°
探测器	镜筒内电子探测器	UD-BSE/UD-SE	/	Inlens	Inlens
	仓室内电子探测器	LD	ETD	ETD	ETD
	插入式背散射电子探测器（BSED）	○	●	○	○
	插入式扫描透射电子探测器(STEM)	○	○	○	○
	低真空二次电子探测器（LVD）	○	●	○	○
	能谱仪（EDS）	○	○	○	○
	背散射衍射（EBSD）	○	○	○	○
扩展	样品交换仓（4 寸 /8 寸）	○	○	○	○
	旋钮板 & 轨迹球	○	○	○	○
	双减速技术（Duo-Dec）	/	/	/	○
	超级减速技术	○	/	/	/
软件	操作软件	Windows 操作系统，中文 SEM 软件			
	导航	光学导航、手势快捷导航、轨迹球（选配）			
	自动功能	自动亮度对比度、自动聚焦、自动像散			