

Titan ETEM G2

环境透射电子显微镜适用于在纳米和原子级别对功能性纳米材料及器件开展动态原位研究

要想表征能源和环境技术领域经过改进的全新功能性纳米材料，就必须详细了解这些材料的“结构—性能”关系，并在原子尺度洞察它们的几何和电子结构以及化学成分。

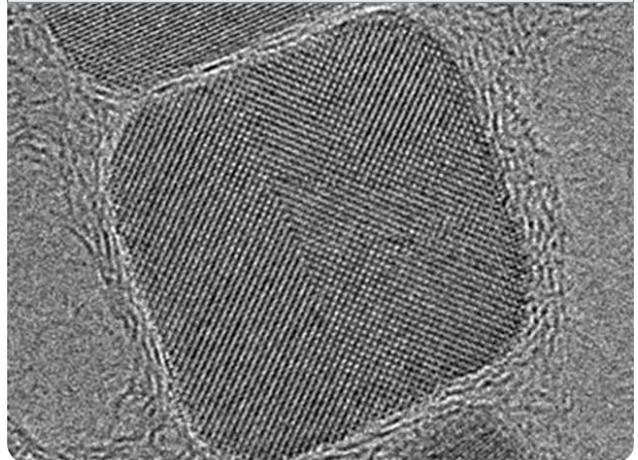
FEI Titan™ ETEM G2 原子分辨率扫描/透射电子显微镜 (STEM) 是一种一体化解决方案，用于对暴露在活性气体环境和高温下的纳米材料的动态行为开展时间分辨原位研究。Titan TEM 基于一流的 Titan TEM 平台构建而成，可以利用该平台所具有的堪称极致的机械、电子和热稳定性能，而且它也是一种十分灵活的解决方案，可以对静态样品成像，观测纳米材料在气体和温度刺激下的动态响应，观测纳米器件的生长（动态），以及对纳米器件开展功能、可靠性和故障研究。Titan ETEM 可与图像 Cs 校正器选件、FEI X-FEG 模块和单色仪技术配合使用，从而进一步满足 FEI Titan 80-300 kV 技术可以提供的原子分辨率 S/TEM 成像和能谱分析的高标准要求。

Titan ETEM G2 配备的差分抽气物镜极富创新，非常独特，而且专为 ETEM 平台设计。此物镜设计可以充分发挥标准 Titan S/TEM 提供的所有功能，例如无窗成像以及兼容易于插入样品的 Titan 加热样品架，同时还能充分利用较大的样品室空间，使用支持三维立体成像技术的完全双倾斜功能。利用进气口，操作员可以将惰性气体和活性气体安全加注到样品室中。ETEM 实验中的气压可在 10⁻³ Pa 至 2000 Pa（使用 N₂ 时）范围内精确预设。全新的软件控制用户界面提供了一系列设置，适合新手（自动模式）及熟练操作者（手动控制）使用。

ETEM 配备了质谱仪，可确定气体注入系统或样品区域中的气体成分。内置的等离子清洗器可以在使用气体后清洁样品区域。为确保安全和可靠性，Titan ETEM G2 配备了内置硬件和软件保护功能。

主要优势

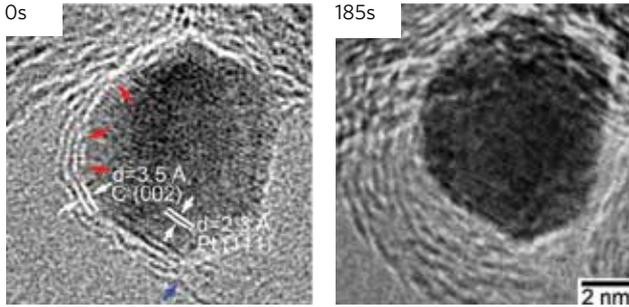
原位观察功能性纳米材料对气体和温度刺激的时间分辨（动态）反应。
研究纳米尺度和原子尺度的气固相互作用（包括形状和形态）以及表面和界面的相互作用。
在原子尺度洞察几何结构和电子结构以及功能性纳米材料的化学成分。
ETEM 用户界面经过重新设计，所有运行参数完全由软件控制。
快速切换 ETEM 和高真空模式。
极片孔隙大，可以完全倾斜样品架，在最佳方向开展电子立体成像。
结构紧凑，配备可烘烤气体注入系统。
采用线性气体流量方案，可以最大限度减少交叉污染。
内置保护功能，确保打造安全的工作环境以及安全使用易燃气体。



ETEM 应用

烯烃生产催化剂：炭质层生长导致催化剂失活

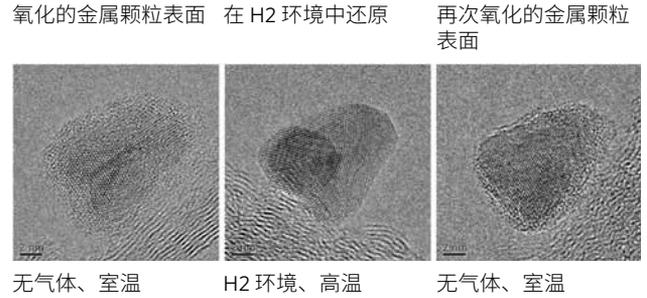
原位：Haldor Topsøe A/S, FEI Titan ETEM (300 kV)



↑ 在 Pt/MgO 烷烃脱氢催化剂中，表面阶梯状部位为石墨烯的生长中心 — 具有原子尺度分辨率的动态原位 ETEM 研究 (1.3 mbar C₄H₈, 475°C)。Z. Peng 等人, J. Catal.286 (2012) 22; 供图: A. Bell (UC Berkeley)、C. Kisielowski (LBNL) 和 S. Helveg (HTAS)。

纳米颗粒催化剂的还原和氧化反应

原位：DTU Cen, FEI Titan ETEM (300 kV)

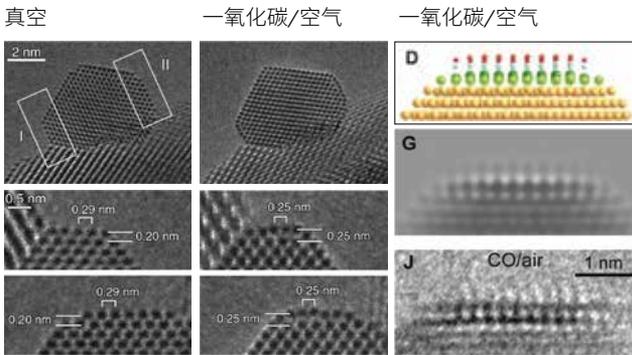


无气体、室温 H₂ 环境、高温 无气体、室温

↑ 氧化的金属纳米颗粒（发生氢气还原反应之后又再次氧化）的原子级分辨率图像。供图：T. Hansen 和 J. Wagner (DTU Cen) 以及 J. Nielsen(DTU Cinf)。

低温 CO 氧化催化剂—示例：Au/CeO₂

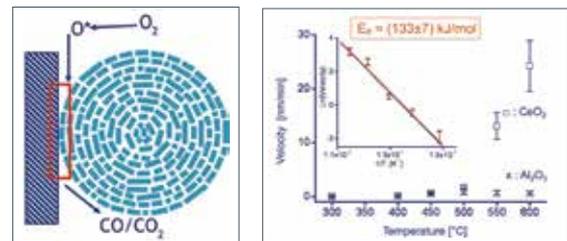
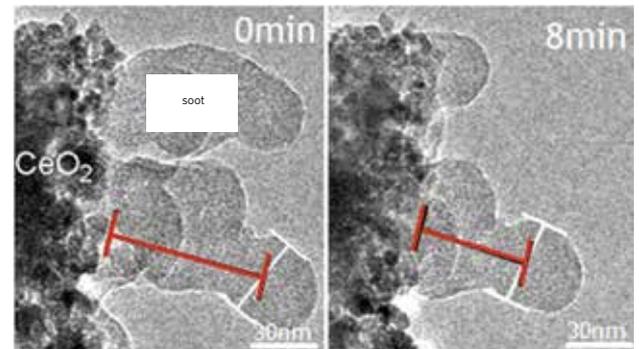
原位：大阪大学, FEI Titan ETEM (80 和 300kV)



↑ Au/CeO₂ 一氧化碳氧化的动态 ETEM 研究 (室温下 0.45mbar 时, CO 在空气与气体的混合气中的浓度为 1 vol%)。观察反应条件下的表面重构以及 CO 气体分子与 Au 纳米催化剂表面的相互作用。H. Yoshida 等人, Science 335 (2012) 317; 供图: S. Takeda (大阪大学)。

CeO₂ 表面被烟灰氧化时柴油汽车尾气净化催化剂的作用

原位：Haldor Topsøe A/S, Philips CM300 ETEM (300kV)



↑ 在烟灰 -CeO₂ 界面附近，烟灰氧化的动态 ETEM 研究 (2.0mbar O₂, 475°C)。观察到烟灰颗粒匀速朝 CeO₂ 移动。S.B. Simonsen 等人, J. Catal.255 (2008) 1; 供图: S. Simonsen 和 S. Helveg (HTAS)。

	标准模式		ETEM 模式 (< 0.5 mbar 氮)	
	无校正器	图像经 C _s 校正	无校正器	图像经 C _s 校正
TEM 信息限制 (nm)	0.10	0.10 (0.09 mono on)	0.12	0.12
TEM 点分辨率 (nm)	0.20	0.10	0.20	0.12
探针电流 @ 1 nm (nA*)	0.6	0.6	0.6	0.6
系统能量分辨率*	0.7 eV	0.7 eV	0.8 eV	0.8 eV
STEM 分辨率 (nm)	0.136	0.136	0.16	0.16

注：所有规格都是 300 kV 电压下的数据。如需其他加速电压下的规格列表，请联系 FEI 销售代表。

* 表示带 SFEG。ETEM 也可以作为选件与 X-FEG 和电子枪单色仪配合使用。根据使用的能量过滤器选件，能量分辨率可以达到 0.20 eV（在 ETEM 模式中为 0.25eV）。

技术亮点

- 超稳定肖特基场发射电子枪
- 全新三透镜聚光器系统可量化指示照明区域会聚角和大小
- 灵活的高电压范围（80 至 300 kV）
- X-FEG 高亮度电子枪（可选）
- 电子枪单色仪（可选）
- 图像 C_s 校正（可选）
- 成熟的亚埃级性能
- 模块化镜筒设计
- 获得专利的精确机械叠层系统
- ConstantPower™ 透镜设计
- 低磁滞设计，可最大限度减小光学组件间的串音
- 对称 S-TWIN 物镜 5.4 mm 宽极片间距以及物镜背部焦平面中的物镜孔隙，非常适合开展 TEM 暗场应用工作
- 自动孔隙
- 无旋转成像
- 计算机控制的 5 轴样品载物台
- 分析用双倾斜样品架具有 +/- 35 度的倾斜范围，立体成像架具有 +/- 70 度的倾斜范围
- 在 Lorentz 模式下可以无场成像
- 全息成像模式
- TrueImage™ ATLAS focus 系列软件可用于量化 HR-TEM 应用
- Xplore3D™ 软件支持开展自动化立体成像 S/TEM 实验，而 Xpress3D 可用于超快三维重构

探测器选件

- 轴上三重 BF/DF 探测器 (DF1/DF2/BF)
- HAADF 探测器
- Gatan US1000XP 摄像头
- Eagle™ 系列摄像头
- Gatan 能量过滤器系列
- EDS 探测器 0.13 srad 立体角（要了解 EDS 性能的详细信息，请联系销售和服务组织）

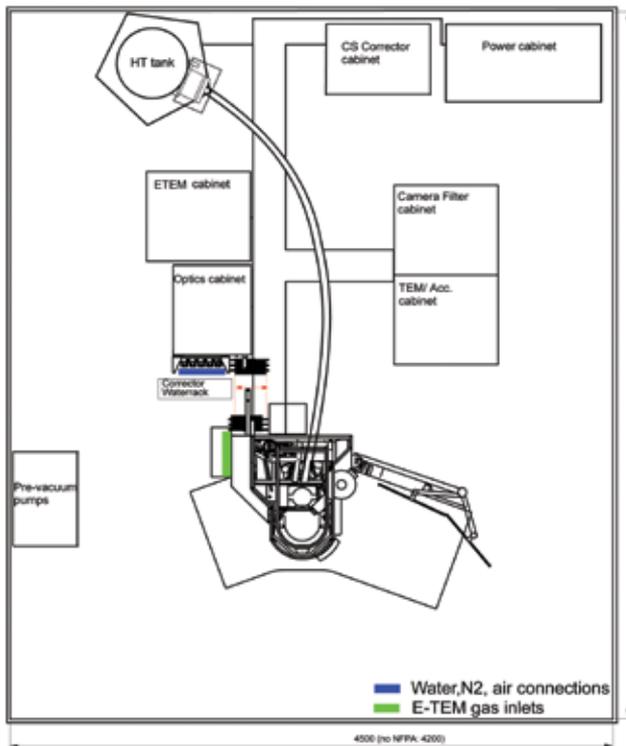
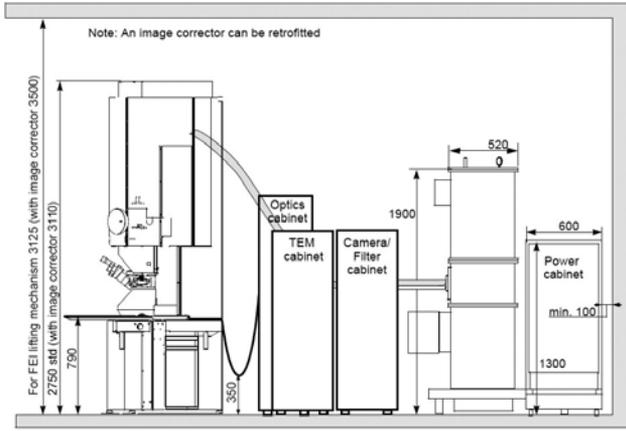
ETEM 技术

- 差分抽气孔隙可以最大限度保护 FEG 发射体（无窗成像）
- 差分抽气 S-TWIN 极片，并为完全双倾斜功能预留了空间
- 在非 ETEM 模式下可以进行常规 Titan 操作（见表）
- HAADF STEM 散射角可达 70 mrad
- 兼容常规 Titan TEM 样品架，易于插入样品
- 在 4 分钟之内，可快速切换 ETEM 和高真空模式
- 在 ETEM 实验中可以使用计算机精确地控制气压，气压范围 10⁻³ Pa 至 2000 Pa（20 mbar, 15 torr; N₂）和有效抽气（含 H₂）
- 在预设的部分压力下，3 个进气口可通过 3 种不同的气体
- 使用质谱仪 (RGA) 分析反应气体
- 内置的等离子清洗器可以有效清洗镜筒
- 内置保护功能（保护硬件和提供安全的工作环境）

样品架选件（在 ETEM 气体实验中要求具备气体兼容性）

- 单倾斜样品架
- 分析用双倾斜样品架
- 立体成像架
- 单/双倾斜冷冻样品架 (LN₂)
- 单/双倾斜加热样品架
- 应变样品架
- STM/AFM 样品架

平面布置图



↑ Titan ETEM 房间布局的示意图。除标准 TEM 房间要求（房间勘察等）外，请考虑气体供应、气体储存、气体注入/混合装置和排气所需的房间、安装和安全要求。请联系 FEI 代表。

安装要求

- 环境温度 18 °C 至 23 °C，温度稳定性 0.2 °C/h，空气散热标称值 4300 W
- 门高：2275 mm（视款型而定）
- 门宽：1320 mm
- 天花板高度：3500 mm（最大配置）
- 显微镜所需的占地空间 4500 x 5500 mm
- 显微镜镜筒的最大重量：最大 1800 kg
- 最大点荷载：105 N/cm²
- 电压：3 相，包括零线和地线，398 V（+6%、-10%）
- 频率 50 或 60 Hz（+/- 3 %）
- 配备所有显微镜选件时的最大能耗 14330 W
- 水冷却器的电气连接单相 230 V，4 kVA
- 必需的冷却水（取决于订购的水冷却单元）
- 必需的双接地线
- 压缩空气供应，最小压力 6 bar，最大压力 7 bar
- 氮 N₂，最小压力 1 bar，最大压力 3 bar
- SF₆ 气体—需要恰当通风
- 气体注入系统
- 液氮 LN₂
- LAN 远程诊断电话线连接

如需了解更多详细信息和获取完整的安装前要求文档，请联系销售和服务组织。

某些气体可能未批准用于 ETEM，或者它们的使用可能会受到限制。请联系 FEI，了解有关经批准气体和我们的气体批准流程的其他信息。

禹重科技® UZONGLAB

成分分析仪器 | 表面测试仪器 | 样品前处理仪器

上海市闵行区春申路2525号芭洛商务大楼
 电话：021-8039 4499 传真：021-5433 0867
 上海|北京|沈阳|太原|长沙|广州|成都|香港
 全国销售和售后服务电话：400-808-4598

邮编：201104，China
 邮箱：shanghai@uzong.cn

更多信息请访问：www.uzong.cn



了解我们



微信公众号

有关当前认证，请访问 FEI.com/certifications

©2015. 我们会不断改进产品的性能。所有规格会随时更改，恕不另行通知。FEI、FEI 徽标、DualBeam、Eagle、Inspect、Magellan、Nova、Titan、TrueImage 和 Xplore3D 是 FEI 公司或其关联公司的商标。所有其他商标均为其各自所有者的财产。DS0117-CN-10-2013

