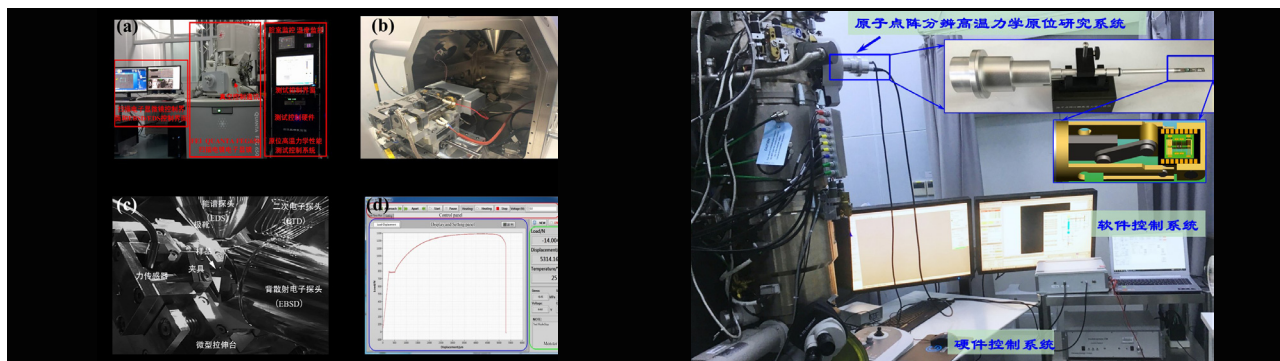


针对若干国家战略需求材料服役条件下性能 与显微结构间关系的原位研究系统

项目类型 国家重大科研仪器设备研制专项项目

项目批准号 11327901 起止年限 2014-2018



仪器简介 “原位系统”项目开发的一体化设备是在服役条件下，从宏观尺度到原子尺度材料显微结构动态演化过程与性能之间关系的直接测量系统，该系统由两个子系统组成，分别是：“原子点阵分辨高温力学原位研究系统”和“纳米分辨高温力学原位研究系统”。前者解决了在毫米尺寸空间中加热、驱动、测温、传感等多个部件及各部件相关影响，以及温度漂移和外界微弱信号引入影响原子尺度观察的技术难题，在国际上首次在透射电镜中实现了最高 1238℃高温场与 GPa 量级应力场的耦合加载，力热耦合温度比国际同类装置高 600℃。后者掌握了 SEM 高真空样品腔室内有限的空间结构中机械单元的结构稳定性和刚度设计、原位测试仪器质量控制与可靠性保障等 20 多项核心关键技术，在国际上首次完成了扫描电镜内测试温度最高可达 1200℃，最大施加载荷可达 3200N 的高分辨原位力学性能测试系统。

应用领域

该一体化研究系统适用于先进高温合金、高性能钛合金等若干战略材料的疲劳、蠕变力学性能与显微结构间关系研究。同时也将为苛刻外场耦合作用下，凝聚态物质中缺陷的形核与运动、原子扩散等动力学行为及其在纳米尺度衍生的尺寸效应、界面效应、限域效应及新相变理论等基本物质结构及其演化规律的研究，提供创新性的基础科学研究仪器。

技术指标

系统一：原子点阵分辨高温力学原位样品杆

1. 大角度双轴倾转， α 轴 $\pm 20^\circ$ 倾转， β 轴 $+15^\circ \sim -25^\circ$ 倾转，倾转精度 0.01° ；达到指标要求；
2. 力测量范围：100 mN，精度： $10 \mu\text{m}$ ；超过指标要求；
3. 位移测量的范围为： $0 \sim 100 \mu\text{m}$ ，精确度为： 3 nm ；超过指标要求；
4. 空间成像分辨率，为 0.2 nm 左右；达到指标要求；
5. 温度范围：室温 $\sim 1150^\circ\text{C}$ （最高 1238°C ），精度： $\pm 5^\circ\text{C}$ ；超过指标要求；
6. 环境气氛： O_2 ， H_2 ， N_2 ， H_2O ；达到指标要求。

系统二：纳米分辨高温力学原位实验台

1. 完成一套扫描电镜高温力学原位研究系统；
2. 拉伸位移行程为 25 mm ，分辨率 80 nm ，相对精度 $\pm 0.15\%$ ；
3. 拉伸速率范围 $0.02 \sim 1 \text{ mm/s}$ ；
4. 温度范围室温至 1200°C ，精度 $\pm 2^\circ\text{C}$ ；
5. 加热速率范围 $1 \sim 177^\circ\text{C/min}$ ；

应用案例

缺陷对 DD6 镍基单晶 1150°C 高温合金力学性能的影响 SEM 相变研究

利用开发的 1200°C 原位加热器以钛铝合金为样品，进行了 SEM 中的 1200°C 高温加热试验，通过 SEM 成像系统，观察到了样品升温到 1100°C 时的微观组织变化，并通过 SEM 图像实时记录观测，该实验不仅对钛铝合金的高温相变过程进行了实时观测，同时也证明了 1200°C 加热器温度的准确。