第十五届中国创造学会创造成果奖

科学技术进步奖-三等奖-10

一、项目名称

扫描离子电导显微镜微纳成像关键技术研究与应用

二、主要完成人

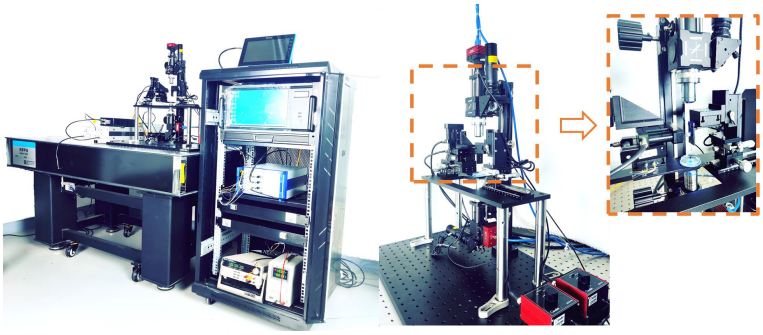
庄健，程磊，高子军，宋伟伦，王天颖

三、主要完成单位

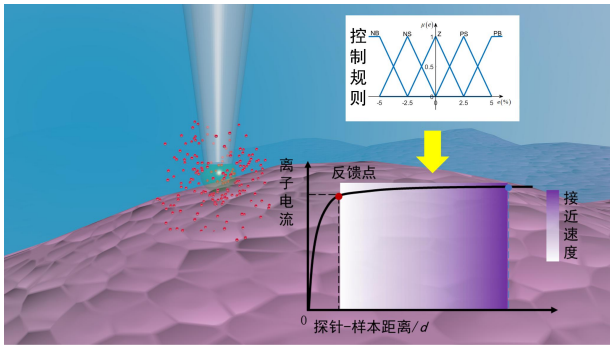
西安交通大学

四、项目背景（200 字以内，1-3 张照片，10MB 以内）

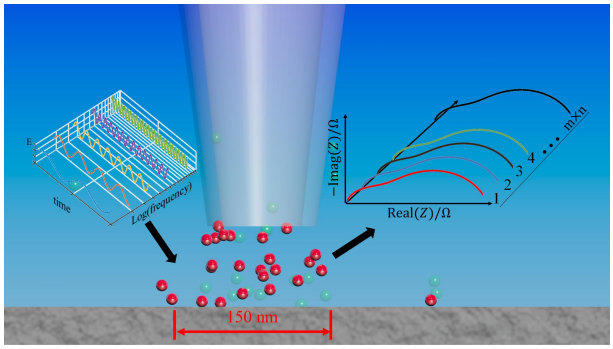
扫描离子电导显微镜（SICM）是一种基于离子电流反馈的非接触式扫描探针技术，通过纳米离子电流实现样本的高分辨率、非接触测量，同时可以同步获取界面动力学信息，在现代细胞膜结构、界面反应动力学等领域的研究具有重要应用前景。然而，其存在反馈滞后、扫描速度低、电流漂移等问题，难以兼顾高分辨率与快速响应。本项目围绕上述瓶颈，提出新型探头结构、调制电流反馈、跨阻放大与智能控制融合等方案，促进了 SICM 走向了实际的应用。



自主研发的扫描离子电导显微镜



高分辨率表面结构测量



界面反应动力学测量

五、关键技术（300 字以内、列出支撑成果及评价水平）

提出基于接近曲线谱的离子电导成像方法，并采用双通道移液管结构抑制电流漂移，结合调制电流模式与双压电陶瓷探头，有效增强复杂高差条件下的纳米级成像稳定性。同时，提出目标区域聚焦（TRF）、横向快速扫描（TFSM）及压缩感知欠采样策略，并构建双压电纳米平台与螺旋预扫描算法，大幅提升成像效率并降低电流过冲。为增强系统稳定性，研制了带宽 500 kHz 低噪声跨阻放大器与双管移液探头控制结构，结合模糊自适应算法实现非线性补偿，并构建大范围拼接及高频振动成像方法，同时通过双气室环境调控结构提高抗干扰性能。上述成果获得国际高度认可，《Chemical Reviews》等期刊指出该技术在解决探针过冲、提升扫描速度等方面实现实质性突破，整体技术水平达到国际领先。

六、综合效益（200 字以内、列出代表性工程、并注明工程特色）

项目获授权发明专利 8 项（5 项已转化）、软件著作权 4 项，并在多个代表性工程中验证技术价值，包括南京大学材料原位测量平台（特色：电化学-纳米同步成像）、西安交通大学细胞力学装置（特色：柔软样品非接触测量）及西南科技大学纳米结构分析平台（特色：毫米级高分辨三维成像）。项目通过技术秘密许可与专利转让取得累计收入超 200 万元；相关技术在上海轩田智能科技股份有限公司应用后，带动新增销售额约 2374 万元、利润约 558 万元。