上海硅酸盐所新型高功率储能电极材料研究取得系列进展

锂离子电池和超级电容器是储能原理不同、各有特点的两类代表性储能器件。锂电池能量密度高（~250 Wh kg^{-1}），但功率密度偏低（＜1 kW kg^{-1}），而超级电容器功率密度高（~15 kW kg^{-1}）但能量密度过低（＜20 Wh kg^{-1}）。超越上述两类储能器件的储能极限，发展兼具高能量密度和高功率密度储能器件的新型电极材料，是化学储能领域极具挑战的难题。

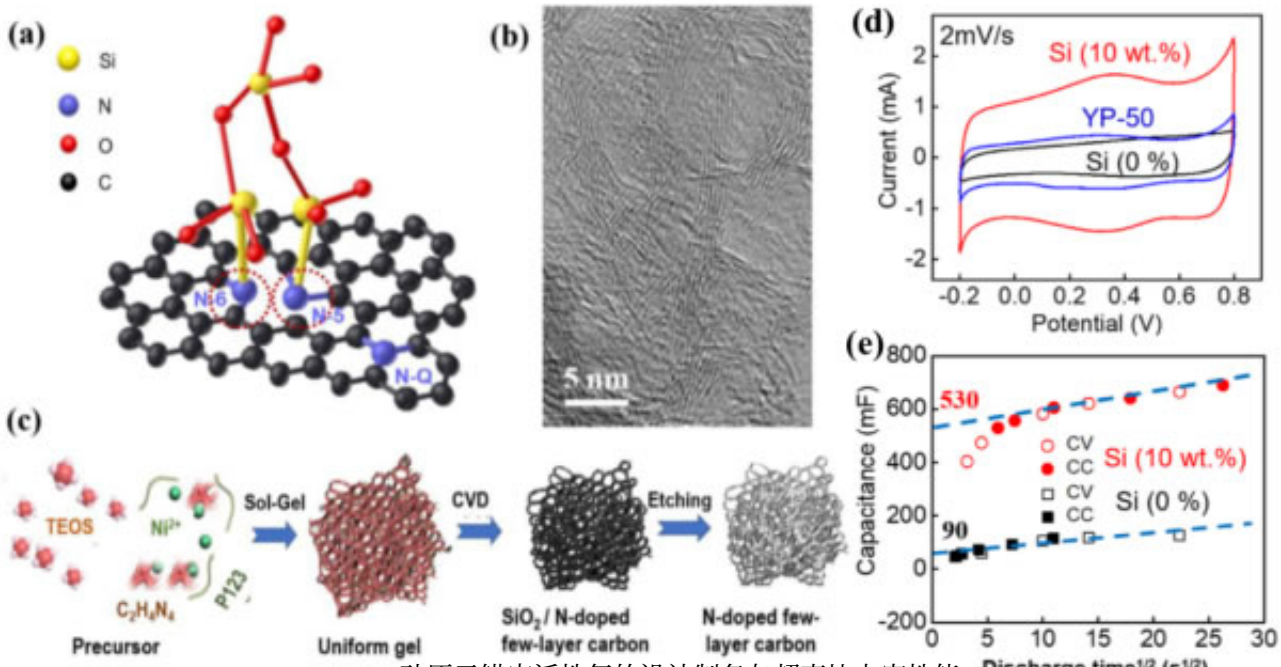
近期，中国科学院上海硅酸盐研究所先进材料与新能源应用研究团队在高比电容少层介孔碳电极材料的宏量制备方法、极速储放能的高比容量黑色二氧化钛电极材料、超高倍率电容式储能的纳孔氧化铌基单晶等方面取得系列进展，支撑了融合“ 电容+电池 ”储能优点的高能量和高功率储能器件性能实现突破。

针对碳材料表面双电层储能比容量低的问题，该研究团队基于早期设计的高比电容的氮掺杂少层碳介孔，以实现高性能氮掺杂碳的宏量制备与实际应用为导向，提出了“ 硅原子锚定活性氮 ”、“ 硅-硼/铝原子协同调控活性氮类型/含量 ”、“ 镁辅助调控孔结构 ”等材料设计与制备新思路，发明了“ 溶胶凝胶-热处理 ”相结合的规模化制备氮掺杂无序介孔少层碳的新方法，所得氮掺杂碳材料导电率达150 S/cm、比电容达690 F/g、30,000 次循环容量保持率达90%。已申请多项国家发明专利，相关成果发表在J. Energy Chem.、ACS Appl. Mater. Interfaces、Batteries & Supercaps上。

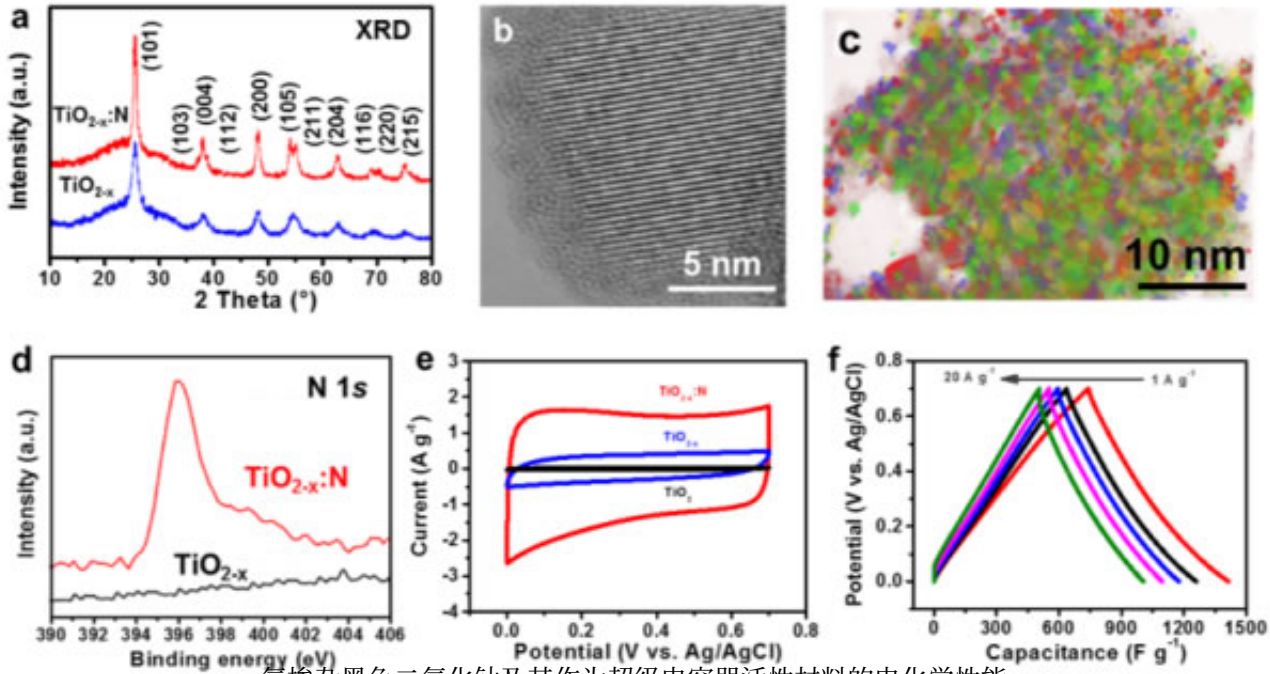
针对常规金属氧化物体相储能难以实现高功率储能的问题，该研究团队运用前期的量子电容概念阐述了介孔/纳孔尺度的表层量子极化电容，结合密度泛函计算态密度分布研究，发现活性氮掺杂二氧化钛具备质子耦合电子反应的储电新机理。基于前期发明的“ 低温还原+元素掺杂 ”制备高导电黑色氧化钛的制备方法，发现9.29 at%高浓度掺杂黑色TiO2-x:N比电容高达750 F/g，改变了宽禁带半导体二氧化钛无法应用于超级电容器电极的传统认识。相关成果发表在Sci. China Mater.上。

针对锂电负极材料倍率性能差的问题，该研究团队提出可实现“ 离子+电子 ”快速迁移的“ 孔道+单晶 ”多孔单晶结构设计思想，融合体相和表面高储能且极速充放电的优异特性。该研究基于前期工作中模拟自然界的热液蚀变发明原子尺度微溶蚀法，并结合高温低氧分压诱导氧缺陷，成功制备了高比表面积的纳孔单晶黑色Nb2O5-x，储锂比容量253 mAh/g，电容式容量高达87%，具有极高的倍率性能（187 mAh/g@25C@4000次循环、70mAh/g@250C），比容量和倍率特性远优于氧化物性能最佳的“ 零应变 ”Li4Ti5O12材料，验证了纳孔单晶结构具有融合体相和表面的高储能且极速充放电的优异特性，已实现宏量制备并应用于超高倍率储能器件中，实现了200C超高倍率储放电和高能量密度139 Wh/kg。相关成果发表在iScience上。

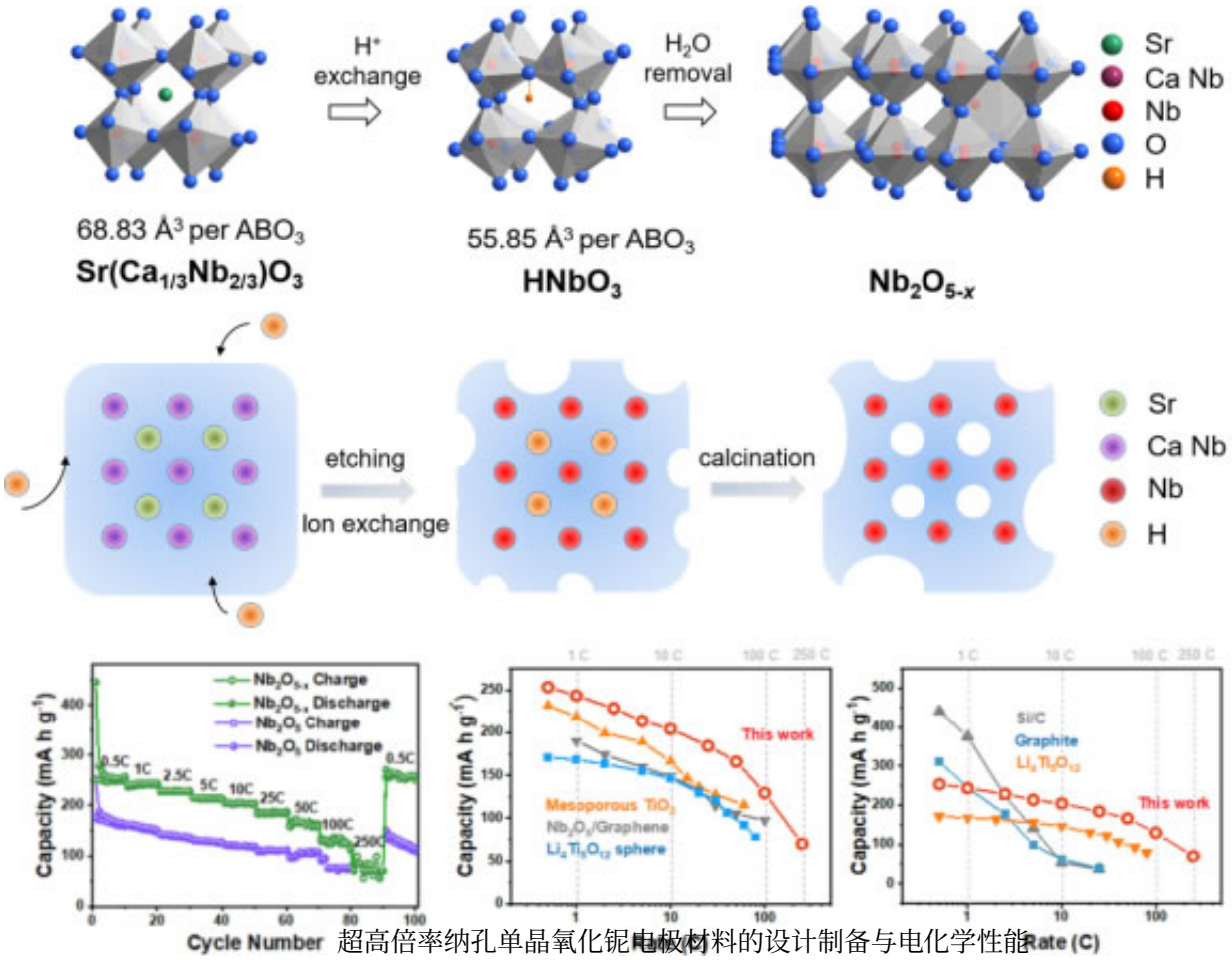
相关研究获得国家重点研发计划、科技部重点领域创新团队等项目的资助和支持。相关成果《面向高功率储能应用的高性能电极材料的结构设计与性能调控》项目获2019年上海市自然科学一等奖。



硅原子锚定活性氮的设计制备与超高比电容性能



氮掺杂黑色二氧化钛及其作为超级电容器活性材料的电化学性能



超高倍率纳孔单晶氧化铌电极材料的设计制备与电化学性能

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/160386.html