物理所在多界面协同提升钠离子电池性能研究方面获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/18973.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

钠离子电池因资源丰富、成本低廉，可应用于短途电动车和大规模储能等领域。与锂离子电池相比，作为电荷载体的钠离子摩尔质量较大，致使在相同材料体系下钠离子电池的能量密度偏低。

使用具有较高理论比容量（1166 mAh/g）的金属钠作为负极是提升钠离子电池能量密度的有效途径。然而，金属钠空气稳定性较差，在电池批量生产中存在较大安全隐患，且金属钠质地较软且粘，难以制成超薄负极，导致过量活性物质对能量密度的牺牲。在此背景下，利用首周充电时从正极中脱出的钠离子在负极集流体侧电化学原位形成钠负极，这一策略可有效解决金属钠空气敏感和超薄化困难的问题。然而，不稳定的正负极界面将不断消耗有限的钠离子，且在反复电镀和剥离的过程中，钠离子的不均匀沉积也会导致“死钠”或钠枝晶的产生，从而降低库仑效率，引致容量快速衰减。

为解决上述问题，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心博士研究生李钰琦在研究员胡勇胜和副研究员陆雅翔的指导下，通过协同调控集流体/钠、钠/电解液（SEI）和电解液/正极（CEI）三重界面，减小钠形核尺寸，修复钠沉积裂纹，有效抑制钠枝晶生长并阻止铁、镍等过渡金属离子溶解，在无额外钠源补充情况下实现了能量密度高达205 Wh/kg的Ah级别的钠离子电池。该钠离子电池体系的能量密度优于目前商业化的磷酸铁锂石墨电池体系。

实现该类电池高比能与长循环寿命的关键在于正极、集流体与电解液侧的综合性设计。在正极侧，该研究选取了不含钴的铜基O3相层状氧化物，保证电池高能量密度的同时具有低成本和可持续性。研究为了实现自下而上较为平滑的金属钠沉积，在负极集流体侧选用石墨化碳涂层使钠离子具有较低的形核过电势，控制金属钠以较小尺寸均匀密集形核。然而，研究发现，即使用该亲钠型集流体涂层，传统的醚类电解液中沉积的金属钠表面依然存在裂纹，裂纹会不断与电解液发生反应消耗活性金属钠，并导致后续循环中不均匀的钠沉积甚至钠枝晶形成。为了进一步解决上述界面破裂问题，该研究设计了一款含硼盐的电解液，利用多尺度的界面表征技术捕捉到其分解产物在负极（SEI）及正极（CEI）界面处均形成了非晶态固体电解质中间相，且硼-氧组分在负极侧界面膜的外层呈现二维分布，而在正极侧界面膜的内层呈现三维分布。研究基于量子化学/分子动力学模拟发现添加了硼盐后的电解液具有特殊的溶剂化构型进而影响在正负极侧的分解顺序，合理地解释了这种含硼组分在正负极侧异质分布的奇异现象。坚固且柔性的SEI膜有效地抑制了死钠及钠枝晶的形成，修复了金属钠沉积和剥离过程中形成的裂纹，而超薄的CEI膜则保护了正极的结构完整性并阻碍过渡金属离子溶解。

得益于上述三重的协同界面（集流体/钠界面、钠/电解液界面和电解液/正极界面）效应，研究实

现了高度可逆的金属钠沉积（富有金属光泽），且组装的Ah级别的圆柱型钠离子电池在不施加额外压力及非高温循环的情况下循环寿命可达260次。这项工作中关于本征钠沉积/剥离行为（不同于锂金属沉积）和界面化学的见解为进一步开发更高性能的钠离子电池提供了宝贵的思路。

研究工作得到中科院战略性先导科技专项、国家自然科学基金、中科院青年创新促进会、北京市自然科学基金的支持。6月2日，相关研究成果以*Interfacial engineering to achieve an energy density of over 200 Wh kg^{-1} in sodium batteries*为题，发表在*Nature Energy*上。

论文链接

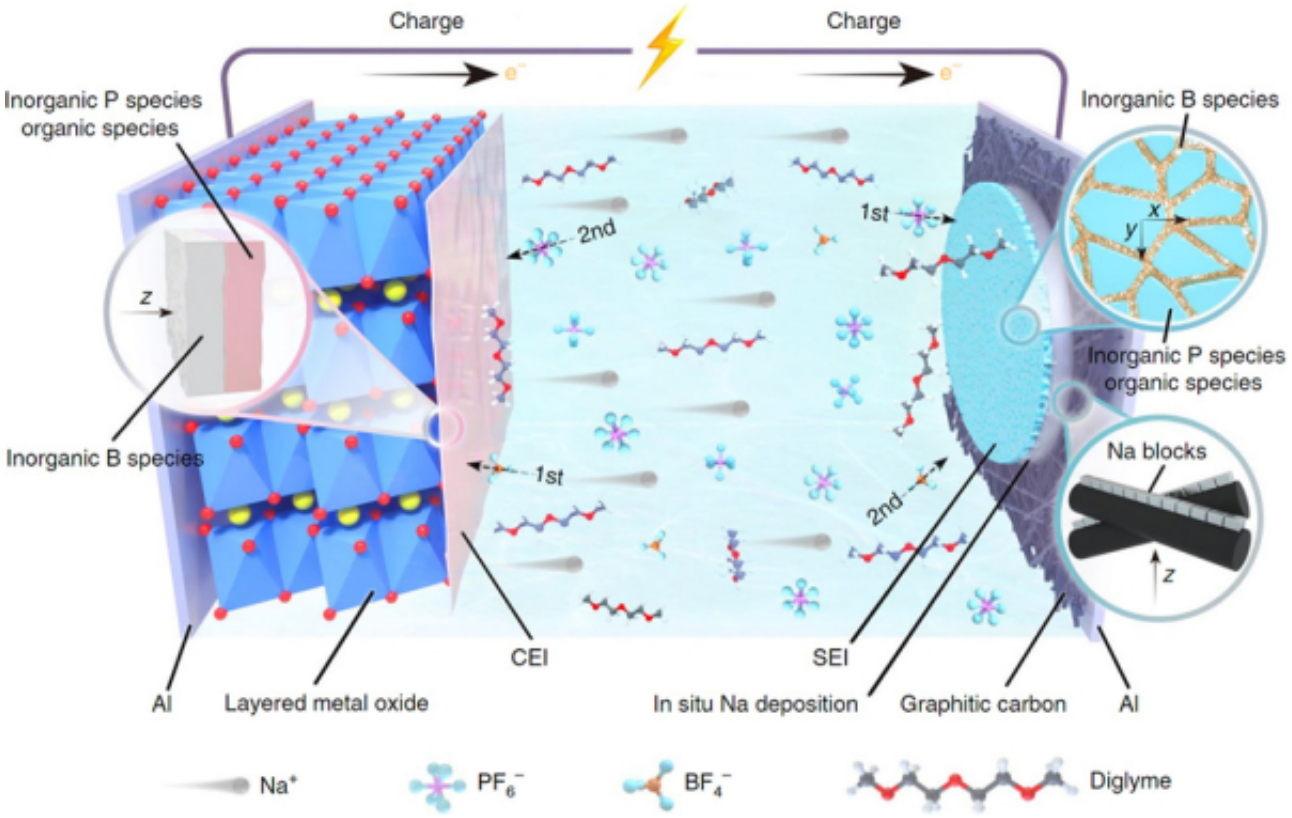


图1.协同的三重界面助力高度可逆的原位金属钠电化学沉积

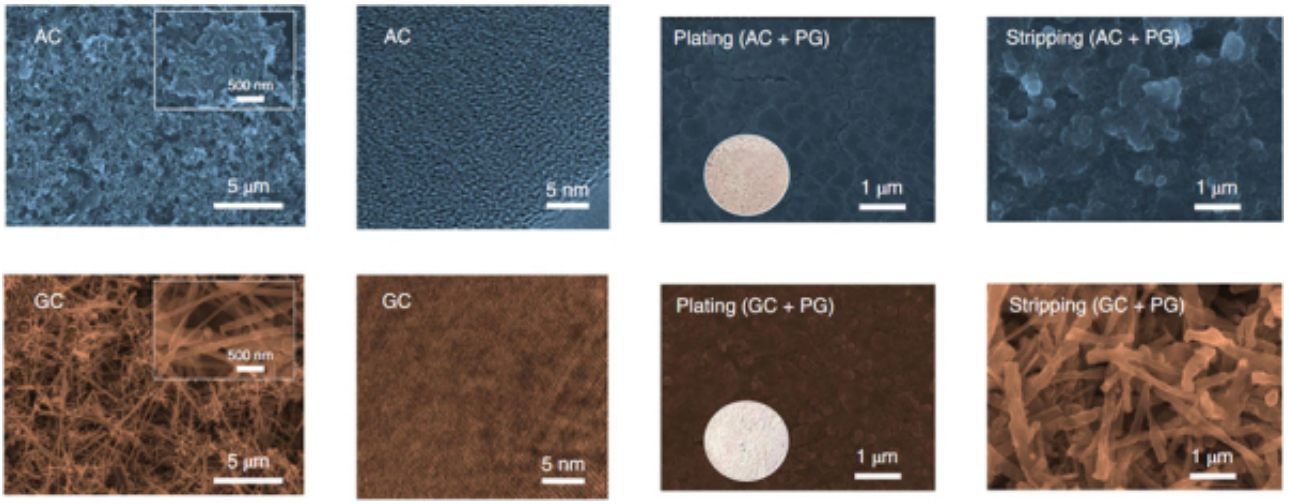


图2.不同集流体对钠沉积行为的影响

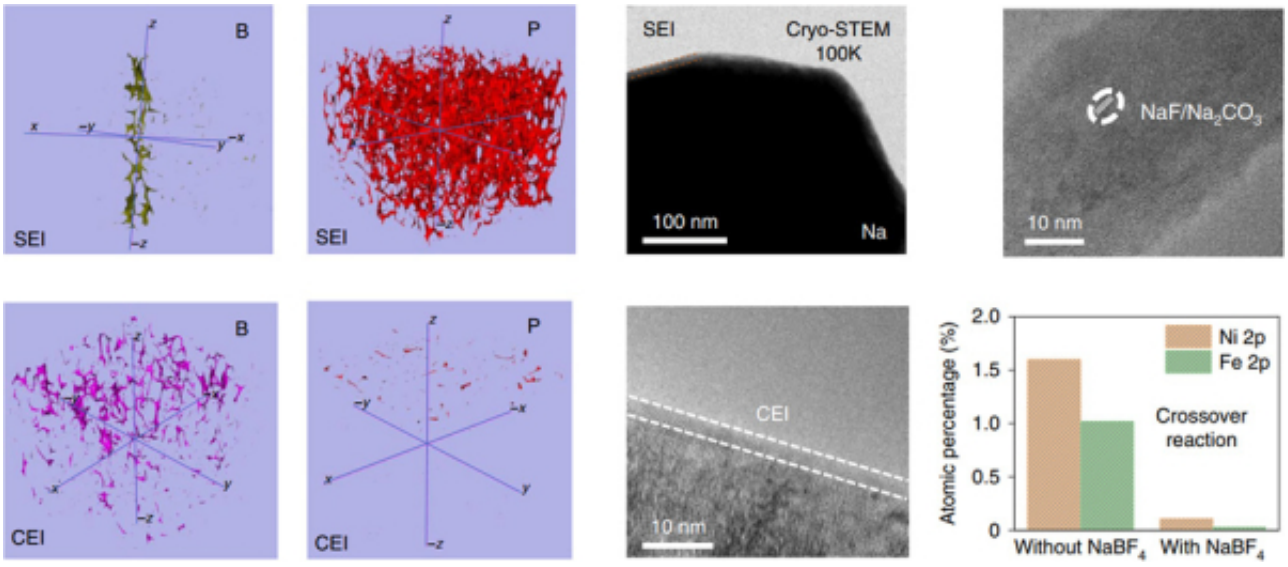


图3.电解质和SEI/CEI的选择和评估

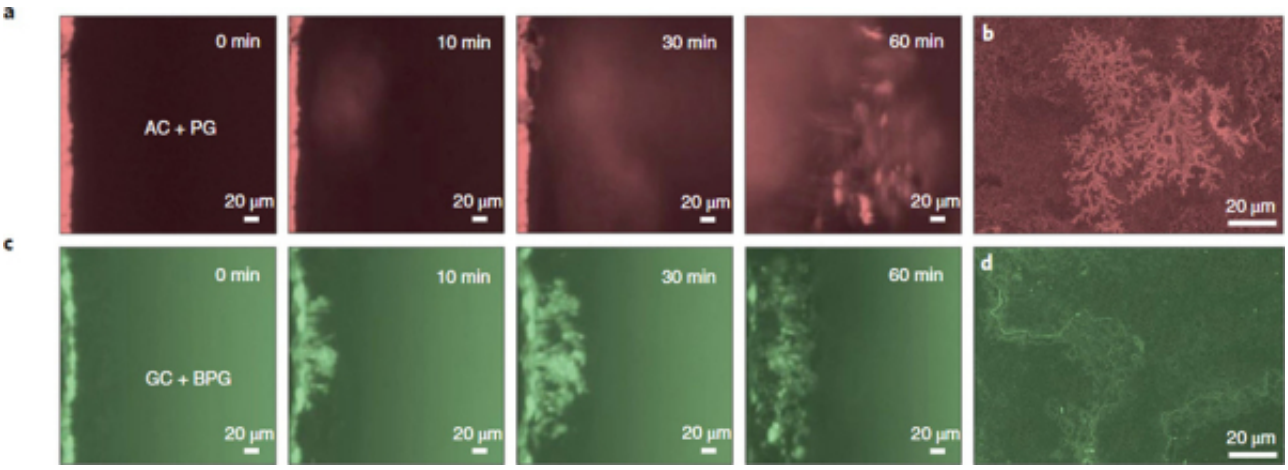


图4.协同界面的性能与机制

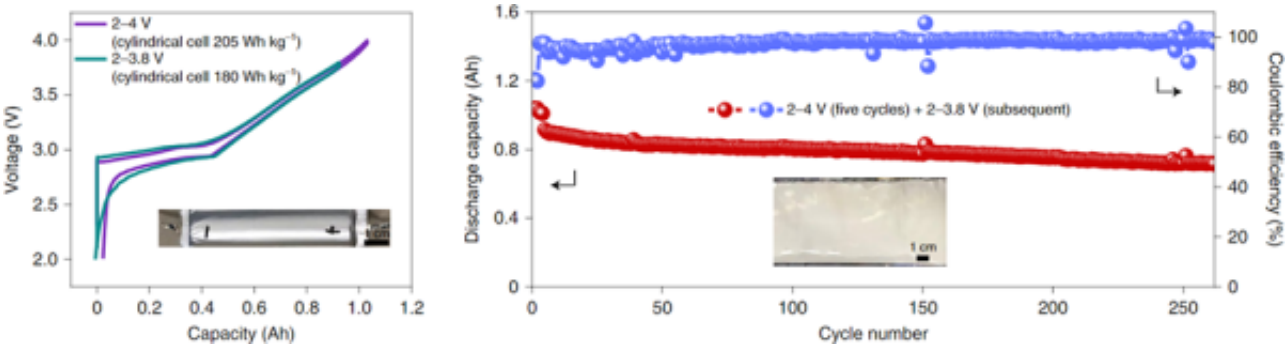


图5.高比能钠离子电池电化学性能

研究团队单位：物理研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发