

## 同步辐射谱学成像技术对层状富锂材料中过渡金属价态分布的深度关联性研究取得进展

2020-12-17 | 文章来源: | 【大 中 小】

近日,北京同步辐射装置成像实验站和美国斯坦福同步辐射光源刘宜晋研究员课题组、布鲁克海文国家实验室胡恩源研究员课题组合作,利用同步辐射近边谱学成像等技术,对锂电池层状富锂正极材料充放电过程中过渡金属价态分布的深度关联性进行研究,相关工作发表在(Nature Communications 2020, 11:6342)上。博士生张锦(中科院高能所)和王钦超博士(美方)为论文共同第一作者,袁清习(高能所)、刘宜晋和胡恩源为论文共同通讯作者。

作为一种高效的储能器件,锂离子电池基于锂离子在正负极之间的往返脱/嵌实现能量的存储和释放,其能量密度及循环寿命等性能受到跨越多个尺度的结构和化学复杂性的联合效应影响。因此,不同尺度的研究和表征对锂离子电池的研发和改进至关重要。随着同步辐射光源的发展以及X射线光学元件加工工艺的提高,同步辐射X射线成像实现了从微米到纳米的多尺度三维成像。而结合吸收谱学和X射线成像的近边谱学成像技术可以获得材料的形貌、元素及价态的三维分布信息,为研究电池材料多尺度三维形貌和性能关联提供了有力的手段。

层状富锂正极材料是一种具有高能量密度的锂离子电池正极材料。然而,该材料应用中面临的一个挑战是其在循环过程中存在电压衰减现象。作者利用同步辐射纳米分辨谱学成像等技术研究了层状富锂NMC正极( $\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.13}\text{Mn}_{0.54}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2$ )材料颗粒的形貌、组成及化学信息,揭示了该材料颗粒中氧离子参与氧化还原反应的程度关联性。图1显示了富锂NMC正极材料不同充电态的过渡金属近边谱学成像的结果,可以发现明显的价态分布不均以及深度关联性。图2是不同充电态和不同充电循环次数的电池颗粒中过渡金属元素K边能量变化随颗粒深度的变化曲线,同时RIXS和sPFY结果直观地看到了氧离子特征峰的出现。

上述工作首次呈现了 $\text{Li}_{1.2}\text{Ni}_{0.13}\text{Mn}_{0.54}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2$ 材料颗粒尺度的特殊层状三维形貌,揭示了其过渡金属价态分布与空间深度的相关性。这些发现有望帮助研究人员进一步解决富锂正极材料的电压衰减问题。

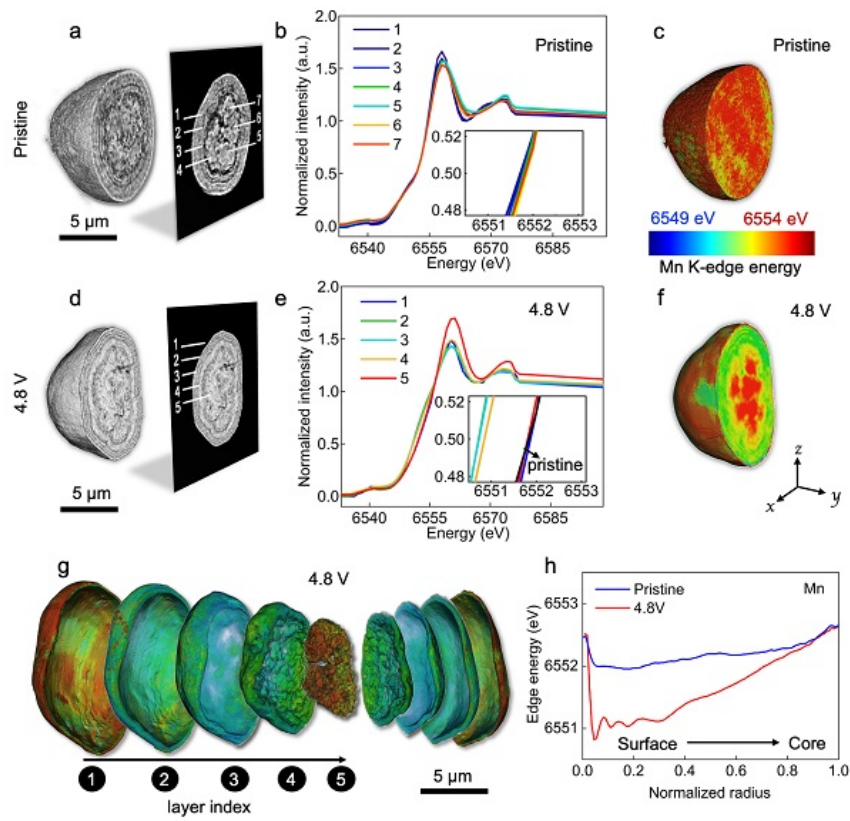


图1 富锂NMC正极颗粒的谱学成像结果

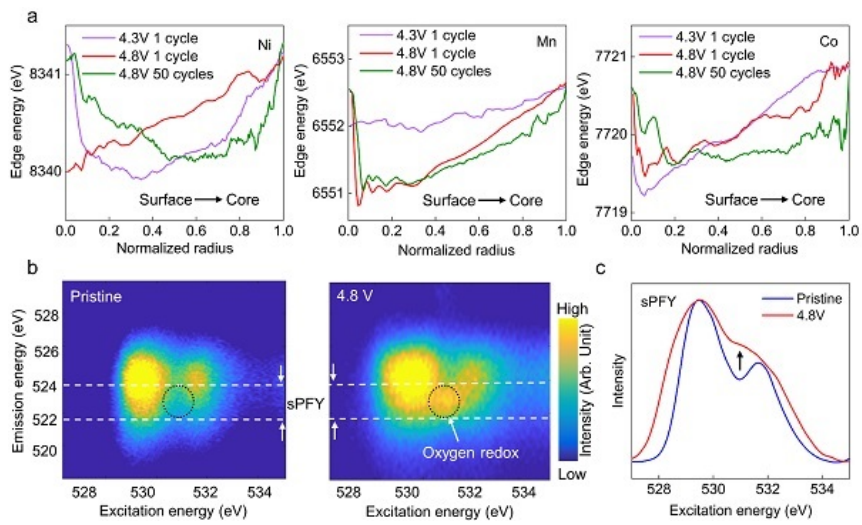


图2 富锂NMC正极材料氧化还原反应与颗粒深度的依赖性