

卢锡洪——未来三年研究计划

1. 未来三年研究计划的总体目标

新型超级电容器储能材料与器件是国家重要的战略性新兴产业,也是国际学术领域的重要内容。纳米储能材料的理性设计与宏量可控制备和非对称超级电容器正负极的匹配性问题与调控机理是目前超级电容器领域研究中的两个关键科学问题。本托举项目拟通过表界面结构及缺陷调控正负极材料电容性能来理解其构-效关系,阐明水系非对称电容器的储能机理与正负极匹配性问题,实现高性能水系非对称超级电容器电极材料设计合成与器件研制。

- (1) 开发 2-3 种综合性能优异的过渡金属氧化物/碳复合电极材料体系, 获得其可控制备的关键调控参数和合成方法, 掌握其构效关系及精确控制原理。
- (2) 阐明电荷调控正负极表面态及零电势电位的作用机理, 揭示正负极与电解液三相界面的储能机理, 建立正负极的匹配性模型与调控机制。
- (3) 显著提升水系混合型超级电容器的各项指标如工作电压、能量、功率密度和寿命等, 获得 1-2 种性能优良的水系混合型超级电容器原型。

2. 具体的研究计划

2017 年度: 金属氧化物/碳基复合材料制备与表征: 探索有机-无机杂化物选择、反应参数对多孔材料的形成过程、生长机理的影响和调控机制, 获得性能较好的正负电极材料。借助原位监测技术追踪杂化物二次转化发生的内部结构与组成的变化, 深化多孔金属氧化物/碳基复合材料形成过程与机理的认识。

2018 年度: 金属氧化物/碳基电极过程动力学与电容性能研究: 利用多种电化学手段系统研究所制备的金属氧化物/碳基复合材料的过程动力学行为。并深入探索表面形貌、微观结构、氧缺陷、组分等对材料的比容量、倍率特性、能量密度、功率密度、循环稳定性等电化学性能的影响规律; 对充放电过程中发生的电化学反应行为进行综合分析, 深入研究其储存机理。

2019 年度: 水系混合电容器匹配性研究与性能优化: 基于获得的金属氧化物/碳基正负极, 以水系溶液为电解液, 组装成混合型超级电容器。探索和归纳正负极/电解液匹配性对电容器综合性能的影响规律。研制出能量密度高、功率密度大、使用寿命长等综合性能优异的新型水系混合型超级电容器。

3. 工作方式

本项目将以课题组的前期研究成果为基础, 充分利用组内、学院以及学校内的工作基础和实验条件, 开展更加系统和深入的研究工作, 推动金属氧化物复合电极材料及水系非对称

超级电容器在储能领域中的应用。另外，我们将加强与中国科技大学、香港科技大学、美国加州大学 Santa Cruz 分校等单位的合作，一起开展深入的研究工作。

4. 预期研究成果

- (1) 发展可控制备高性能、高氢/氧超电势、稳定的金属氧化物/碳复合正负材料的新方法，掌握其构效关系与关键调控参数。
- (2) 获得正负极与电解液三相界面的电化学反应机理，建立正负极材料的匹配性规则与电荷调控机制，研制出性能优良的水系混合型超级电容器。
- (3) 在国际重要学术期刊发表高水平的学术论文 3~5 篇，培养研究生 2~3 人。