

氏名・(本籍)	LI HUAN (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	生工博甲第328号
学位授与の日付	平成30年9月21日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Development of Nanostructured Anode Materials for High-Performance Sodium Ion Batteries (高性能ナトリウムイオン電池のためのナノ構造を有するアノード材料の開発)
論文審査委員会	委員長 教授 早瀬 修二 教授 馬 廷麗 教授 内藤 正路 准教授 Shyam S. Pandey

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

ナトリウムイオン電池は材料資源が豊富であり、低コスト化も期待できるため、近年非常に注目されている。しかし、電池の性能はまだ低いため、高性能の材料開発は必要不可欠である。この論文では、簡単な方法により低コストでかつ高い比容量の4種類の異なるナノ構造を有するアノード材料の合成に成功している。また、得られた材料の性質は電気化学的特性との関係を議論された。これらの4種類のナノ材料をナトリウムイオン電池のアノード電極に応用した研究結果を記載している。

第1章では、ナトリウムイオン電池の背景及び研究状況を紹介している。また、現在までのナトリウムイオン電池の研究課題をまとめている。

第2章では、本論文で使用した試薬と装置を記述している。また、デバイスの作製方法を示している。さらに、合成された電極材料の物理的な特性およびナトリウムイオン電池の性能評価などを記載している。

第3章では、金属有機骨格を有するTi系材料をテンプレートとしてユニークな多孔質TiO₂ナノピールを合成している。さらに、得られた材料をナトリウムイオン電池のアノード電極として使用され、比較的の高い比容量が得られ、また優れた電極安定性を示している。

第4章では、カーボンペーパーの上でin-situ水熱法により羽状ナノ構造を持つMnO₂を合成に成功している。またナノ構造の成長を分析し、その形成のメカニズムを提案した。更に、ナトリウムイオン電池用のアノード電極として使用したところ、優れた電気化学性能が得られている。

第5章では、ナトリウムイオン電池の性能を向上させるために、2Dの層状材料である Ti_3C_2 を黒リンのナノ粒子と複合させ、アノード材料として使用した。得られた黒リン/ Ti_3C_2 ナノコンポジットは、単独の黒リン電極および Ti_3C_2 電極より、高い比容量および優れた電極安定性を示している。

第6章では、更なる新規の Nb、Mo ダブル遷移金属炭化物の合成を行い、反応条件を最適化し、初めて低温方法で2Dの原子層 $\text{MoNb}_2\text{SnC}_2$ 材料の合成に成功している。さらに、この材料は、ナトリウムイオン電池のアノード材料に応用したところ、優れた可逆性およびサイクルの安定性が得られることが明らかになっている。

以上の結果から、この論文では、4種類のナノ材料を合成し、ナトリウムイオン電池のアノード電極に用いることにより、電池は高い充放電容量及び長寿命を示している。これらの研究結果から、ナトリウムイオン電池用の新材料の開発指針が得られることを期待できる。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、論文審査委員からナノ構造アノード材料の合成方法の詳細、ナトリウムイオン電池の構造及び動作原理及び今後の展開などについて質問がなされ、いずれも著者から明確な回答が得られた。

また、公聴会においても、多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。