

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on synthesis of novel functional nanofiber mats and their application to energy storage devices
著者(和文)	BELGIBAYEVAA
Author(English)	Ayaulym Belgibayeva
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12101号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:谷口 泉,山中 一郎,荒井 創,森 伸介,青木 才子
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12101号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		Belgibayeva Ayaulym	
			氏名	職名		
論文審査 審査員	主査		谷口 泉	准教授	審査員	青木 才子 准教授
	審査員		山中 一郎	教授		
			荒井 創	教授		
			森 伸介	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Study on synthesis of novel functional nanofiber mats and their application to energy storage devices”と題し、英文で書かれており、以下の6章より構成されている。

第1章“Introduction”では、本研究の背景および蓄電池の重要性を述べ、その電極材料および合成法を概観し、本研究の目的と意義を述べている。

第2章“Synthesis and characterization of SiO₂/C composite nanofibers as free-standing anode materials for lithium-ion batteries”では、自立型 SiO₂/C 複合体ナノファイバーマット(FS-SiO₂/C-CNFM)の合成と、それを用いたリチウム二次電池の電池特性の評価を行っている。目的物質は、電界紡糸とその後の空気雰囲気での一次焼成、3% 水素(H₂)を含む窒素(N₂)雰囲気での二次焼成により合成できることを明らかにしている。また、目的物質は、幾何平均径約 79nm の SiO₂/C 複合体ファイバーからなり、大きな比表面積(642 m² g⁻¹)とマイクロからマクロスケールの細孔径分布を有することを明らかにしている。更に、この FS-SiO₂/C-CNFM を作用極に、対極に金属リチウムを用いたリチウム二次電池は、電流密度 100 mA g⁻¹ の条件で 200 サイクル後においても 754 mAh (SiO₂-g)⁻¹ の大きな放電容量を示すことを明らかにしている。

第3章“Synthesis and characterization of free-standing LiCoPO₄/C composite nanofibers as high-voltage cathode materials for lithium-ion batteries”では、自立型 LiCoPO₄/C 複合体ナノファイバーマット(FS-LiCoPO₄/C-CNFM)の合成と、それを用いたリチウム二次電池の電池特性の評価を行っている。合成には噴霧熱分解法で合成した LiCoPO₄ を使い、それをナノ粒子化し、PVP を溶解させたエタノール溶液に分散させて原料溶液を調製している。この原料溶液を用い、電界紡糸とその後の2段階の焼成により、目的物質が合成できることを明らかにしている。合成した FS-LiCoPO₄/C-CNFM を正極に用いたリチウム二次電池は、電極内に僅か 7 wt.% の炭素しか含まれていないにも関わらず、117 mAh g⁻¹ の初期放電容量を示すことを明らかにしている。さらに、FS-LiCoPO₄/C-CNFM の表面を SiO₂ でコーティングすることで、電池のサイクル特性が改善されることを見出している。

第4章“Free-standing SiO₂/C composite nanofibers as multi-functional interlayers for sulfur-based lithium batteries”では、第2章で得られた FS-SiO₂/C-CNFM を用いて、リチウム硫黄電池が抱えているリチウム多硫化物の電解液への溶出によるサイクル劣化の問題を解決することを試みている。まず、FS-SiO₂/C-CNFM へのリチウム多硫化物の吸着試験と吸着試験後の FS-SiO₂/C-CNFM の X 線光電子分光法 (XPS) による表面分析により、リチウム多硫化物の吸着メカニズムを解明している。また、FS-SiO₂/C-CNFM を電極として用いた対称セルのサイクリックボルタムメトリ (CV) 測定により、吸着されたリチウム多硫化物の電極上での酸化還元反応を確認している。更に、このファイバーマットを硫黄正極とセパレータの間に挿入したリチウム硫黄二次電池の充放電サイクル試験により、電池特性が大きく改善されることを見出している。更にその上、充放電試験後の FS-SiO₂/C-CNFM の XPS 分析により、FS-SiO₂/C-CNFM によるリチウム多硫化物の電解液への溶出の抑制メカニズムについても考察している。

第5章“Synthesis and characterization of free-standing Co_xP/Co₃(PO₄)₂/C composite nanofibers as multi-functional interlayers for lithium-sulfur batteries”では、自立型 Co_xP/Co₃(PO₄)₂/C 複合体ナノファイバーマット (FS-Co_xP/Co₃(PO₄)₂/C-CNFM) の合成と、それを硫黄正極とセパレータの間に挿入したリチウム硫黄電池の電池特性の評価を行っている。まず、第4章と同様なキャラクター化により、FS-Co_xP/Co₃(PO₄)₂/C-CNFM に対するリチウム多硫化物の吸着メカニズムを明らかにし、リチウム多硫化物の吸着に Co_xP/Co₃(PO₄)₂ が重要な役割を担っていることを見出している。更に、FS-Co_xP/Co₃(PO₄)₂/C-CNFM を付与したリチウム硫黄電池の充放電試験により、FS-SiO₂/C-CNFM を用いた場合よりもさらに電池特性が改善されることを明らかにしている。最後に、充放電試験前後の FS-SiO₂/C-CNFM の粉末 X 線回折測定と XPS 分析により、FS-Co_xP/Co₃(PO₄)₂/C-CNFM によるリチウム多硫化物の電解液への溶出の抑制メカニズムについても考察している。

第6章“Summary”では、以上の結果を総括している。

これを要するに、本論文は、蓄電池に応用可能な自立型ナノファイバーマットの新規材料および合成法を提案するものであり、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。