

課題番号 : F-15-KT-0011
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 薄膜材料の反応生成モデリングおよび電極材料の構造特性評価 その1
 Program Title(English) : Chemical reaction modeling of thin film material and evaluation of structural property of porous electrode, Part 1
 利用者名(日本語) : 井上 元¹⁾²⁾、伊藤 郁哉¹⁾、池下 和輝¹⁾、殊井 亮太郎¹⁾
 Username(English) : G. Inoue¹⁾²⁾, F. Itoh¹⁾, K. Ikeshita¹⁾, R. Kotoi¹⁾
 所属名(日本語) : 1) 京都大学大学院工学研究科化学工学専攻, 2) 科学技術振興機構(JST) さきがけ「エネルギー高効率利用と相界面」研究領域
 Affiliation(English) : 1) Department of Chemical Engineering, Kyoto University, 2) JST Presto, “Phase Interfaces for Highly Efficient Energy Utilization“

1. 概要(Summary)

環境保全や省エネ効率の観点から次世代自動車として電気自動車が有望視されるが、その本格普及のためにはエネルギー密度と出力密度の両者の向上が不可欠である。つまり二次電池(主にリチウムイオン二次電池)の高エネルギー密度を維持しつつ、電極層内のイオン・電子輸送を円滑にする必要があるが、現状高レートになると活物質および電解液中の Li⁺ と電子の輸送過程や活物質電解液界面の反応過程が律速となり、内部抵抗(不可逆損失)の増大に繋がる問題がある。容量拡大のために厚膜化を進める場合や、粒内物質輸送に優れた活物質の開発や、活物質粒子の微細化や形状最適化(二次粒子化や凝集化)により、粒内輸送の抵抗が低減される場合に、相対的に多孔質電極層中のイオン伝導の抵抗が顕著となる。これまで経験的に多孔質構造と電池特性(主にレート特性)に相関があることは明らかとされており、またその構造を形成する電極作製プロセスも最終的に相関があることは分かっているものの、試行錯誤による定性的な評価に留まっていた。これまで著者は副材であるバインダーに着目し、多孔質構造におけるバインダー分布をモデル化し、その空隙構造の変化と放電特性に及ぼす影響を数値解析により検証してきた。そこで本研究では、集束イオンビーム走査型電子顕微鏡(FIB-SEM)を用いて実電極の三次元構造を数値再構築し、数値解析によりその導電性やイオン輸送抵抗を評価した。また実電極の導電抵抗と Li⁺ 伝導抵抗を測定して妥当性を検証し、さらに充放電解析へ適用し出力特性を評価した。

2. 実験 (Experimental) :

【利用した主な装置】

B6 集束イオンビーム/走査電子顕微鏡(NVision40PI)

【実験方法】

正極電極層(厚み 30 μm 程度)を Ga イオンビーム(30 keV, 3 nA)でスライスピッチ 60 nm で切断し、これを 518 枚連続させ切断と断面観察を行った。ピクセルサイズは 65 nm とし、全画像取得後にノイズキャンセルと三値化処理を行い立体構造を取得した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

再構築した三次元構造と本構造から取得した細孔径分布と実測値との比較を Fig.1 に示す。図より本構造の妥当性を確認した。また有効イオン伝導度と電子伝導度を計算し、これも実測と比較し良好に一致することがわかり、モデル構造の物理限界との差異も明らかにし、本電極構造の最適化に関する指針も得ることができた。さらに本電極構造を用いた反応輸送解析より出力特性の評価も可能になった。

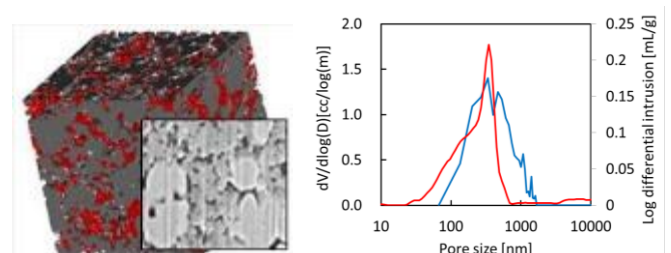


Fig.1 3D structure and pore size distribution.

4. その他・特記事項(Others)

・さきがけ(JST) 「カーボン導電剤とバインダーの構造制御による電子物質輸送相界面の高効率化」

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) G.Inoue, 228th ECS meeting, A02-164, 平成 27 年 10 月 13 日(発表日).

6. 関連特許(Patent)

なし。