

# 「全固体電池の基礎理論と開発最前線」 目次

## 第I編 基礎理論

### 【全固体電池全般】

#### 第1章 全固体電池の基礎と概要 鈴木耕太, 菅野了次

- 1 全固体電池とは
    - 1.1 現行電池の問題・課題
    - 1.2 全固体化のメリット
    - 1.3 全固体電池の種類・分類・特徴
  - 2 全固体電池の構成材料
  - 3 全固体電池の構造・設計
    - 3.1 バルク型全固体電池
    - 3.2 薄膜型全固体電池
  - 4 今後の展望
- 文献

### 【結晶系】

#### 第2章 結晶系硫化物電解質を用いた全固体電池の基礎（構成材料および電池の電気化学評価法） 平山雅章

- 1 はじめに
  - 2 結晶系硫化物電解質の種類と評価方法
    - 2.1 結晶内におけるイオン導電
    - 2.2 結晶系硫化物電解質
    - 2.3 固体電解質の電気化学特性評価法
  - 3 結晶系硫化物電解質を用いた全固体電池
    - 3.1 電池構成と評価手法
    - 3.2 LGPS 電解質の特性に応じた高性能電池開
    - 3.3 高電圧化・高容量化への取り組み
  - 4 今後の展開
- 文献

### 【酸化物系】

#### 第3章 ガーネット型酸化物固体電解質材料の化学 秋本順二

- 1 はじめに
  - 2 ガーネット型酸化物固体電解質材料の歴史
    - 2.1 第一世代材料～ガーネット型リチウムイオン伝導体の発見～
    - 2.2 第二世代材料～元素置換による特性改善～
    - 2.3 第三世代材料～Li7La3Zr2012 の発見
    - 2.4 第四世代材料～Li7La3Zr2012 の Nb, Ta 置換体～
    - 2.5 第五世代材料～Li7La3Zr2012 の Al, Ga 置換体～
    - 2.6 総括
  - 3 ガーネット型酸化物固体電解質材料の結晶構造
    - 3.1 ガーネットとリチウムガーネットの結晶構造の違い
    - 3.2 リチウムイオンの配列様式の特徴
  - 4 おわりに
- 文献

### 【酸化物系】

#### 第4章 ガーネット型リチウムイオン導電体—酸化物系全固体電池の電解質として 武田保雄, 松田泰明, 森 大輔, 今西誠之

- 1 はじめに
- 2 Li7-3x AlxLa3Zr2012 および Li7-x La3Zr2-xTax012 の関係

- 2.1 概要
  - 2.2 Li7-x-3yAl<sub>y</sub>La3Zr2-xTax012 の相関
  - 2.3 Li7-x-3yAl<sub>y</sub>La3Zr2-xTax012 系のリチウムイオン導電性
    - 3 Al2O3, Ga2O3 を添加した Li6.25M0.25La3Zr2012 (M : Al3+, Ga3+) の焼結性
    - 3.1 液相の出現による焼結促進
    - 3.2 Li6.25Al0.25La3Zr2012 (LLZ-A1)
    - 3.3 Li6.25Ga0.25La3Zr2012
    - 3.4 Li6.25Ga0.25La3Zr2012 のリチウムイオン導電率
  - 4 おわりに
- 文献

### 【ガラス系】

#### 第5章 硫化物系ガラスおよびガラスセラミック固体電解質の基礎理論と開発 林 晃敏, 作田 敦, 辰巳砂昌弘

- 1 はじめに
  - 2 ガラス系固体電解質の特長と伝導メカニズム
  - 3 ガラスの機械的性質
  - 4 ガラス性液体の粘性挙動
  - 5 ガラスの結晶化による導電率変化
  - 6 結晶化プロセスの制御
  - 7 酸化物ガラス電解質への展開
  - 8 おわりに
- 文献

### 【界面/薄膜】

#### 第6章 全固体電池の電極/電解質界面におけるイオン伝導の障害に関する基礎理論 高田和典

- 1 はじめに
  - 2 イオン伝導体表面における特異なイオン伝導現象 : ナノイオニクス
  - 3 ナノイオニクスに基づく硫化物型全固体電池の正極界面設計
  - 4 計算科学からの界面へのアプローチ
  - 5 おわりに
- 文献

### 【界面/薄膜】

#### 第7章 全固体電池の固体電解質/電極界面における現象の基礎理論 白木 将, 河底秀幸, 一杉太郎

- 1 はじめに : 化学と物理の垣根は無い
- 2 MOS トランジスタとのアナロジー
  - 2.1 MOS トランジスタの動作
  - 2.2 固体電解質/正極界面におけるバンド構造
  - 2.3 固体電解質/正極界面をイオンがまたぐ場合
- 3 何をすべきか : 表面・界面科学, 応用物理の方法論の導入
  - 3.1 表面・界面科学の方法論
  - 3.2 応用物理の方法論 : 薄膜合成技術
- 4 金属電極/固体電解質界面
- 5 全固体 Li 電池の固体電解質/電極界面抵抗の低減
- 6 5V 級正極 LiNi0.5Mn1.5O4 における超低抵抗界面の形成
  - 6.1 薄膜型全固体電池における界面抵抗の計測と高速充放電特性

6.2 界面アニール処理による界面抵抗ならびに充放電特性への影響

7 展望と今後への期待

7.1 バルク電池へのフィードバック

7.2 全固体電池におけるその他の界面

7.3 計算機シミュレーション技術への期待

7.4 計測技術への期待

8 むすび

文献

### 【薄膜モデル化/SEM 観察】

第8章 無機固体電解質上のLiの析出溶解反応のin-situ SEM観察 本山宗主, 入山恭寿

1 はじめに

2 その場SEM計測の基本セル構成

3 結果と考察

3.1 その場SEM計測の概略

3.2 Cu, Pt 集電膜

3.3 Cu 集電膜/LiPON 界面におけるLiの析出溶解反応

3.4 過電圧への機械的仕事の寄与

3.5 Pt 集電膜/LiPON 界面におけるLiの析出溶解反応

3.6 Pt 集電膜からのLiの核生成

4 おわりに

文献

### 【STEM 観察】

第9章 リチウムイオン電池用固体電解質の原子構造観察 幾原雄一

1 はじめに

2 HAADFSTEM 法

3 ABF STEM 法

4 STEM EDS による局所組成分析

5 STEM EELS による局所状態解析

6 STEM によるLLTO界面の解析例

7 おわりに

文献

### 【結晶系/構造解析】

第10章 粒子線を用いた固体電解質の構造解析 米村雅

## 第II編 企業の研究開発動向

### 【セル試作/車載用・結晶系】

第1章 トヨタにおける車載用全固体電池の開発 石黒恭生

1 はじめに

2 良好なLiイオン/電子伝導確保に向けたプロセス開発の取り組み

2.1 「固体電解質-正極活物質界面」の良伝導プロセス開発 (保護層コーティング)

2.2 「電解質層」の良伝導プロセス開発 (湿式塗工)

2.3 「活物質-固体電解質界面」の良伝導プロセス開発 (良界面形成)

3 おわりに

### 【固体電解質評価】

第2章 固体電解質の解析事例 齋藤正裕

1 はじめに

雄

1 結晶材料の構造

1.1 固体電解質の構造解析の重要性

1.2 超イオン伝導体と結晶構造の関係性

2 構造解析手法

2.1 中性子散乱の特徴

2.2 粉末結晶回折法

2.3 飛行時間中性子回折法

2.4 粉末リニア合成とMaximum Entropy Method Analysis (MEM 解析)

3 結晶構造解析の実例

3.1 試料の準備

3.2 実例 (LGPS 系の未知結晶構造解析)

4 まとめ

文献

### 【ガラス系/構造解析】

第11章 中性子散乱による固体電解質中のリチウムイオンの伝導経路と動きの観察 森 一広

1 はじめに

2 中性子散乱法

3 ガラス系固体電解質の構造

4 リチウムイオン伝導経路の可視化

5 リチウムイオン挙動の観察

6 おわりに

文献

### 【酸化物系/単層】

第12章 単一物質からなる酸化物系全固体 猪石 篤, 岡田重人

1 はじめに

2 単相型全固体電池

2.1 Na3V2(P04)3系単相型全固体ナトリウムイオン電池

2.2 Li3V2(P04)3系単相型全固体リチウムイオン電池

2.3 Li Ti2(P04)3系単相型全固体リチウムイオン電池

3 おわりに

文献

2 熱処理によるイオン伝導度の変化

2.1 試料作製条件

2.2 X線回折, 及びラマン分光法による構造解析

3 熱焼成時の化学構造変化

3.1 昇温時の発生ガス分析: TPD-MS

3.2 昇温時の化学構造分析 (in situ Raman)

3.3 昇温時の結晶構造変化 (in situ XRD)

4 まとめ

文献

### 【固体電解質材料】

第3章 硫化物固体電解質の動的構造からの伝導メカニズム 宇都野太, 大窪貴洋

1 はじめに

2 硫化物固体電解質Li7P3S11の特徴

3 動的構造解析による伝導メカニズム

4 おわりに

文献

**【硫化物系固体電解質】**

**第4章 Argyrodite型固体電解質開発と高性能電池の実現に向けて 宮下徳彦, 井手仁彦**

- 1 はじめに
  - 2 Argyrodite型固体電解質の特長
  - 3 電気化学特性について
  - 4 全固体電池の高電圧充放電電池特性
  - 5 総括
- 文献

**【セル試作/グリーンシート】**

**第5章 グリーンシートプロセスを応用した全固体電池 吉岡 充**

- 1 バルク一体焼結型の酸化物系全固体電池
    - 1.1 はじめに～課題とグリーンシートプロセスの応用～
    - 1.2 グリーンシートプロセスを応用したバルク一体焼結型の全固体電池
  - 2 おわりに
- 文献

**【酸化物系固体電解質】**

**第6章 酸化物系固体電解質 LLTO の高性能化 堺 英樹**

**第III編 海外企業動向**

**第1章 韓国・台湾・中国 (株)シーエムシー・リサーチ**

- 1 韓国
    - 1.1 Hyundai Motor (現代自動車)
    - 1.2 LG Chemical (LG 化学)
    - 1.3 Research Institute of International Science and Technology (RIST)
    - 1.4 Samsun Electronics (サムスン電子)
    - 1.5 Samsung SDI (サムスン SDI)
    - 1.6 Ulsan National Institute of Science and Technology (UNI ST、蔚山科学技術大学校)
  - 2 台湾
    - 2.1 ProLogium Technology (プロロジウムテクノロジー、輝能科技股份有限公司)
  - 3 中国
    - 3.1 BYD Company Limited (BYD、比亞迪股份有限公司)
    - 3.2 Contemporary Amprex Technology (CATL、寧徳時代新能源科技)
- 文献

**第2章 北米 (株)シーエムシー・リサーチ**

- 1 カナダ
  - 1.1 Avestor
  - 1.2 Hydro-Quebec (イドロ・ケベック)

**第IV編 特許動向**

**第1章 日本の特許概況 (株)シーエムシー・リサーチ**

- 1 「全固体電池」日本国内
- 2 「固体電解質」

- 1 はじめに
  - 2 実験方法
  - 3 機械的特性
  - 4 イオン伝導度
  - 5 リチウム空気電池の電池特性
  - 6 おわりに
- 文献

**【薄膜/固体電解質】**

**第7章 全固体型薄膜リチウム二次電池の特性と量産製造技術：新規アモル 佐々木俊介**

- 1 はじめに
  - 2 全固体型薄膜リチウム二次電池の構造と構成部材
    - 2.1 全固体型薄膜リチウム二次電池の構造
    - 2.2 構成部材
  - 3 全固体型薄膜リチウム二次電池の製造技術
    - 3.1 全固体型薄膜リチウム二次電池用の製造装置
    - 3.2 スパッタリングターゲット
  - 4 全固体型薄膜リチウム二次電池の特性
  - 5 新規アモルファス固体電解質について
    - 5.1 固体電解質の混合アニオン効果
    - 5.2 アモルファス型新規固体電解質 LiSiON の特性
  - 6 おわりに
- 文献

- 2 米国
    - 2.1 A123 Systems
    - 2.2 Applied Materials (アプライド・マテリアルズ)
    - 2.3 EnerDel
    - 2.4 Ford Motor (フォード・モーター)
    - 2.5 Harris Corporation
    - 2.6 Ionic Materials (イオニック・マテリアルズ)
    - 2.7 Medtronic Inc. (メドトロニック)
    - 2.8 QuantumScope
    - 2.9 Sakti3
    - 2.10 SEE0
    - 2.11 Solid Power (ソリッドパワー)
    - 2.12 Zepton Corporation (ゼプター)
- 文献

**第3章 欧州 (株)シーエムシー・リサーチ**

- 1 フランス
    - 1.1 Bol lore (Bolloré)
  - 2 ドイツ
    - 2.1 Robert Bosch GmbH (ロバート・ボッシュ)
  - 3 英国
    - 3.1 Dyson Limited (ダイソン)
- 文献

**第2章 世界の関連特許の状況 (株)シーエムシー・リサーチ**

- 1 世界の概況

1.1 関連特許の出願・件数の年推移（特許分類：  
H01M10/0562+H01M10/0565）

1.2 国地域別状況

（特許分類：H01M10/0562+H01M10/0565）

1.3 出願人×主要出願国の状況

2 全固体・固体電解質関連特許

2.1 出願年×固体電解質×全固体電池

2.2 全固体電池×出願人×出願国

2.3 固体電解質×出願人×出願国

2.4 固体電解質×出願

#### 別売CDのみに含まれる追加情報

- 1) 固全固体電池×出願人×出願国体ロングリスト
- 2) 電解質×出願人×出願国ロングリスト
- 3) 固体電解質×出願人×電解質のタイプロングリスト
- 4) 固体電解質に関する主要な海外企業の特許一覧