

令和元年6月4日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06218

研究課題名(和文) 衝撃固化現象を利用した酸化物全固体電池用活物質 - 固体電解質コンポジット電極の創製

研究課題名(英文) Development of composite electrode for oxide-based solid-state battery using impact consolidation phenomenon

研究代表者

稲田 亮史 (Inada, Ryoji)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30345954

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、セラミックス微粒子の常温衝撃固化現象を利用したエアロゾルデポジション(AD)法を用いて、様々なリチウムイオン電池用電極活物質と酸化物系固体電解質から成るコンポジット電極を作製した。金属基板上に成膜したコンポジット電極は、有機電解液中にて活物質単体電極よりも高い可逆容量を示したことから、固体電解質の複合化により活物質の電気化学的な利用率が向上することが分かった。この結果を踏まえて、別途作製した酸化物固体電解質シート上にコンポジット電極を成膜した。コンポジット電極/固体電解質積層体の片端面に金属リチウム対極を圧接して構成した全固体セルにおいて、100%での可逆的な充放電動作を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

全固体電池の安定動作には、電池を構成する固体電解質層のイオン伝導抵抗低減だけでなく、電極内ならびに電極-固体電解質界面における低イオン伝導抵抗化が必須である。本研究により、AD法を使用することで様々な電極活物質と酸化物系固体電解質から成る高密度なコンポジット電極を熱処理なしで作製でき、得られたコンポジット電極において可逆性の高い充放電が可能であることを実証した。得られた成果は、化学的安定性に優れるが可塑性の低い酸化物系材料を利用した全固体電池の実現に向けた基盤技術の確立に少なからず貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：Aerosol deposition (AD) is thick film fabrication process via impact consolidation phenomenon of ceramic particles at room temperature. In this study, we tried to fabricate various composite thick film electrodes composed of active material and oxide-based lithium-ion conducting solid electrolyte (SE) by using AD process. Composite thick film electrodes on metal substrate showed much higher capacity than thick film electrodes without SE in organic liquid electrolyte, indicating that the electrochemical utilization of active material in composite electrode is improved by complexing SE. Based on this result, a composite electrode was formed on an oxide-based solid electrolyte sheet prepared separately. The reversible charge / discharge reaction was confirmed at 100% in the all-solid-state cell constructed by pressing the lithium metal plate as a counter electrode to one end face of the composite electrode/solid electrolyte laminate.

研究分野：電気化学エネルギーデバイス

キーワード：衝撃固化現象 エアロゾルデポジション法 電極活物質 酸化物固体電解質 コンポジット電極 全固体電池

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

車載用電源や電力貯蔵用電源への中・大型リチウムイオン電池の用途展開が加速しつつある昨今、電池の安全性確保が重要な課題となっている。可燃性の有機電解液を、不燃性の無機固体電解質（無機固体リチウムイオン伝導体）で置き換えた全固体リチウムイオン電池（全固体電池）は、高エネルギー密度と高安全性・信頼性を同時に達成し得る次世代型蓄電デバイスに位置づけられている。固体電解質材料として、硫化物系材料と酸化物系材料を中心に国内外で開発研究が進められている。前者と比較して後者は大気・水分に対する化学的安定性が高く、取り扱いが容易という利点があり、電池製造プロセスの簡易化・低コスト化の観点から、酸化物固体電解質を利用した全固体電池の実現は切望されている。

有機電解液を用いた現行リチウムイオン電池の電極厚さは一般に数 $10\ \mu\text{m}$ 程度であり、全固体電池において同等な電極厚さを実現するためには、充放電を担う正極・負極活物質と電極内のイオン伝導パスとなる固体電解質から成るコンポジット電極として、リチウムイオンの授受反応が生じる電極-固体電解質界面を増加させることが必要不可欠である。実用に向けた研究開発が先行している硫化物固体電解質は加工成形性に優れ、活物質と機械的に混合した後加圧するだけで、比較的容易に緻密なコンポジット電極を得ることができる。一方、酸化物固体電解質は加工成形性が悪く、粒子間抵抗が必然的に大きくなってしまいう欠点があり、緻密性の高いコンポジット電極を得るには、活物質と固体電解質を混合・加圧成型後に高温熱処理を行うことが必要となる。しかしながら、活物質と固体電解質材料の組み合わせや熱処理条件に依存して、活物質-固体電解質間での反応による異相生成や相互拡散等が発生し、活物質-固体電解質界面のイオン伝導抵抗が増加する課題があり、酸化物系全固体電池の研究開発を進める上で大きな課題の一つとなっている。

2. 研究の目的

本研究では、セラミックス微粒子の衝撃固化現象（図 1）を利用した成膜技術であるエアロゾルデポジション（AD）法に着目し、電極活物質と酸化物固体電解質から成るコンポジット電極を金属基板上や酸化物固体電解質シート上に常温下で作製する。AD法の適用により、原料粒子と同一組成・結晶構造を有する緻密性の高いナノ多結晶膜を常温下で得ることが可能となり、活物質-固体電解質間の反応抑制が期待できる。金属基板を用いて、コンポジット電極の作製に適した粉末の粒子サイズ等を検討すると共に、得られた膜電極の電気化学特性を電解液中で評価し、固体電解質の複合化の効果を検証すると共に、コンポジット電極を成膜した酸化物固体電解質シートを用いて全固体セルを構成し、その電気化学特性を調査することとした。

3. 研究の方法

AD 成膜装置の構成を図 2 に示す。エアロゾル容器内に封入した原料粉末をキャリアガス（ N_2 ）と混合・振動させることでエアロゾルを形成し、ノズル（開口部寸法 $10\ \text{mm} \times 0.5\ \text{mm}$ ）を介して数 $10\ \text{Pa}$ 程度に減圧した成膜チャンバー内に配置したガラス板、SUS316L 板および酸化物固体電解質シート上に噴射した。エアロゾル容器と成膜チャンバーの圧力差によって生じるガス流によって加速された粉末が、基板衝突時の衝撃力で固化することで、常温下での膜形成に至る。成膜条件は、キャリアガス流量 $10\text{--}20\ \text{L}\ \text{min}^{-1}$ 、ノズル-基板間距離 $10\ \text{mm}$ 、成膜時間 $10\text{--}60$ 分とし、エアロゾル噴射時に基板を固定したステージを移動させることにより成膜した。具体的な実験は、①～③の流れに沿って実施した。

① AD 法によるコンポジット電極の作製方法の検討

(1)電極活物質 LiMn_2O_4 (LMO) と、事前にサブミクロンサイズに粉碎処理した固体電解質 $\text{Li}_{3.5}\text{Si}_{0.5}\text{P}_{0.5}\text{O}_4$ (LSPO) を重量比 7, 14 wt% で混合後、ボールミル処理した混合粉末 (LMO-LSPO)、(2)事前に粒径を調整した LMO 粒子表面に溶液プロセスにより固体電解質 Li_3BO_3 (LBO) を重量比 2, 3, 5, 10 wt% で固着した複合粉末 (LMO-LBO) を用いて AD 成膜を行った。(1)は、膜内の組織制御に難があるが、活物質と固体電解質の組合せの自由度が高い利点がある。(2)は、複合粉末作製時に熱処理を行うため、活物質と固体電解質の組合せが制限される欠点はあるが、少量の固体電解質を膜内にて網目状に分散・固化させることが可能となる。各原料粉末を用いて作製したコンポジット電極の構造解析には、X 線回折 (XRD)、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた。また金属基板上コンポジット電極を作用極、金属リチウム箔を対極とする二極式コインセルを用いて、有機電解液中での定電流充放電特性を室温下で測定・評価した。

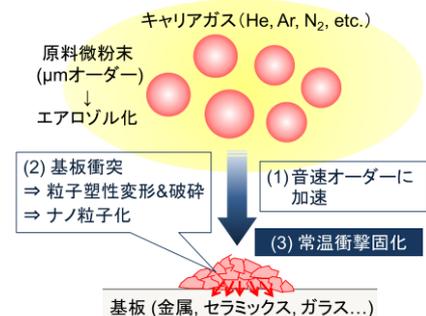


図 1 セラミックス粒子の衝撃固化現象

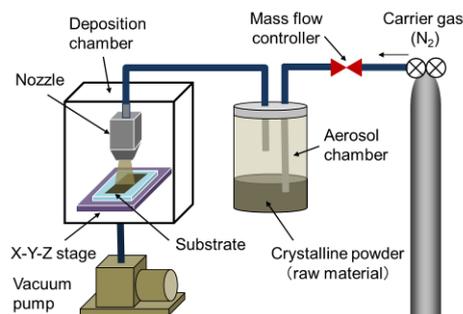


図 2 AD 装置の構成図

② 酸化物固体電解質シート上へのコンポジット電極の作製及び評価

別途作製したガーネット型酸化物固体電解質 $\text{Li}_{7-x}\text{La}_3\text{Zr}_{2-x}\text{Ta}_x\text{O}_{12}$ (LLZT) 焼結体シート上に LMO-LSPO コンポジット電極を作製した。LLZT 焼結体の作製条件 (組成, 焼結条件) は事前検討により最適化している。得られたコンポジット電極の構造解析には, XRD および SEM を用いた。また, 電極を成膜していない LLZT 端面に金属リチウムを圧接して全固体セルを構成し, セル電圧範囲 3.2–4.3V での充放電特性を 100°Cにて測定・評価した。

③ 高容量電極活物質を用いた酸化物固体電解質シート上への電極作製及び評価

電池のエネルギー密度を向上させるためには, 高容量な電極活物質を使用する必要がある。高容量正極活物質の一つである LiV_3O_8 (LVO) に着目し, AD 成膜に適した粒子径を調査した上で, LLZT シート上に LVO 電極を形成した。XRD および SEM による構造解析と共に, 電極を成膜していない LLZT 端面に金属リチウムを圧接して全固体セルを構成し, セル電圧範囲 1.5–4.0V での充放電特性を 27°C, 50°C及び 100°Cにて測定・評価した。

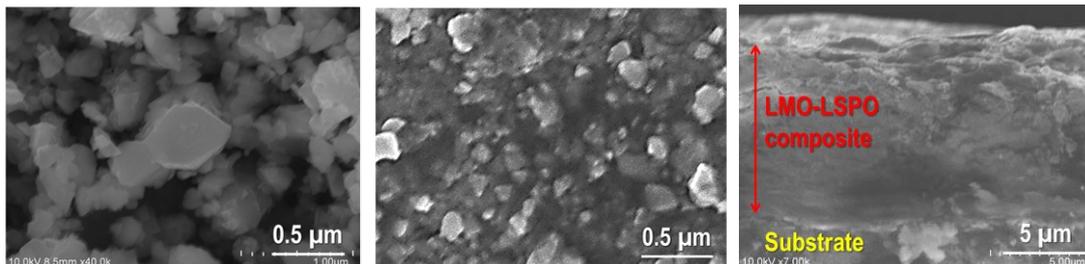


図3 LMO-LSPO 粉末および (左) および LMO-LSPO 厚膜の膜面 (中) および破断面 SEM 像 (右)

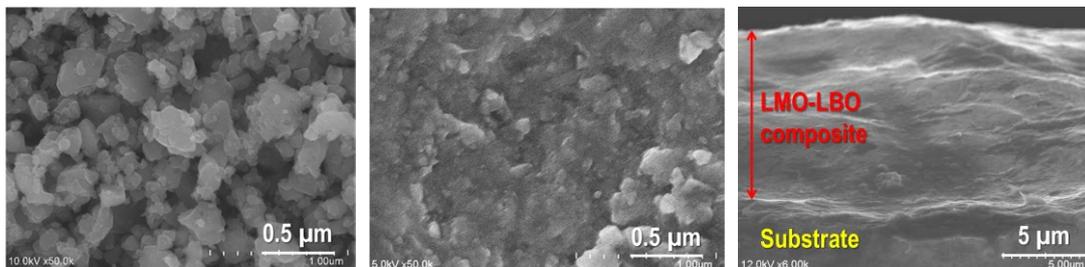


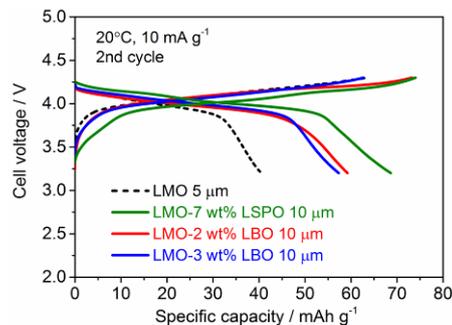
図4 LMO-LBO 粉末および (左) および LMO-LBO 厚膜膜面 (中) および破断面 SEM 像 (右)

4. 研究成果

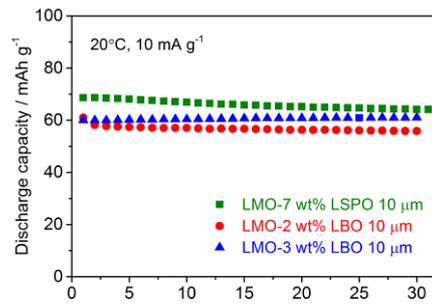
① AD 法によるコンポジット電極作製方法の検討

図3に, LMO-LSPO (重量比 93:7) 混合粉末を用いて作製した LMO-LSPO コンポジット厚膜の SEM 像を示す。また, LMO-LBO (重量比 98:2) を用いて作製した LMO-LBO コンポジット厚膜の破断面 SEM 像を図4に示す。どちらの厚膜とも変形・破砕した粒子から成る高密度な組織を有することが確認できる。XRD 測定では, 原料由来の回折ピークのみが確認され, 成膜に伴う異相生成は見られなかった。また, LMO-LSPO 混合粉末においては, LSPO 混合量を 14 wt%とした場合には, 低密度な膜となった。更に, LMO-LBO 複合粉末においては, LBO 複合量を 2, 3, 5, 10 wt%で調整した粉末を作製して AD 法による膜化を行ったが, 複合量 5 wt%は低密度な膜となり, 複合量 10 wt%では圧粉体となり固化しなかった。

LMO 単体厚膜, LMO-LSPO 厚膜, LMO-LBO 厚膜の有機電解液中での定電流充放電特性 (電流値: 10 mA g^{-1}) を図5(a)に示す。ここで, 横軸の比容量は電極総重量当たりで換算した値で示している。各コンポジット電極は LMO 単体電極よりも高容量を示し, LMO-LSPO 電極で 70 mAh g^{-1} , LMO-LBO 電極で 60 mAh g^{-1} 程度の可逆容量が得られた。これより, 電極内に分散した LSPO および LBO がイオン伝導パスとして機能し, LMO の電気化学的利用率の向上に寄与していることが示唆される。一方, 充放電サイクル特性 (図5(b)) においては, LMO-LBO 電極の方が若干優れた容量保持率を示した。この結果は, コンポジット電極中の固体電解質の複合量や分散状況によるものと推察される。



(a) 定電流充放電曲線



(b) サイクル特性

図5 LMO-LSPO 及び LMO-LBO 電極の充放電特性の比較

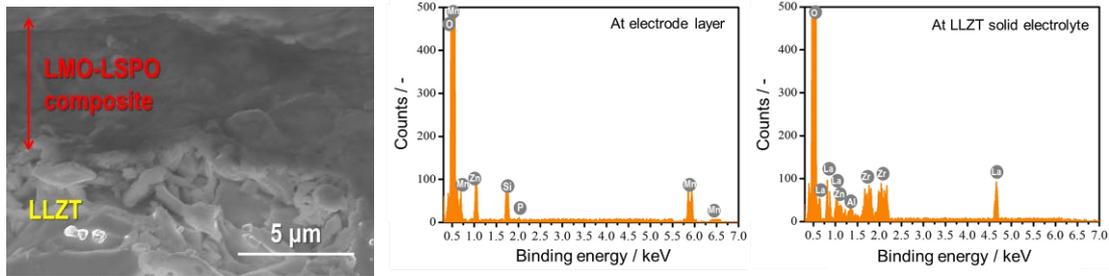


図6 LLZT上に成膜したLMO-LSPO電極のSEM像(左)と電極層・固体電解質層のEDXスペクトル

② 酸化物固体電解質シート上へのコンポジット電極の作製及び評価

金属基板上での検討結果を踏まえて、別途作製したLLZT焼結体シート上に作製したLMO-LSPOコンポジット厚膜のSEM像とEDX分析結果を図6に示す。LLZT上に厚さ6 μm 程度の高密度なLMO-LSPO厚膜が固化しており、膜領域ではLMOに含まれるMn, LSPOに含まれるSi, P由来のスペクトル, 固体電解質領域ではLLZTに含まれるLa, Zr, Ta由来のスペクトルが各々検出された。

図7に、LMO-LSPO電極を形成したLLZTシートにLi対極を圧接して構成した全固体セルの100 $^{\circ}\text{C}$ での定電流充放電特性を示す。サイクル経過に伴う放電容量の低下は少なく、20サイクル後においても60 mAh g^{-1} の容量を保持していた、固体電解質上に形成したコンポジット電極における安定した充放電サイクル特性を確認することができた。

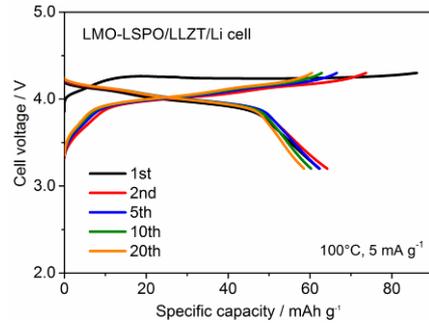


図7 LMO-LSPO/LLZT/Li全固体セルの定電流充放電特性

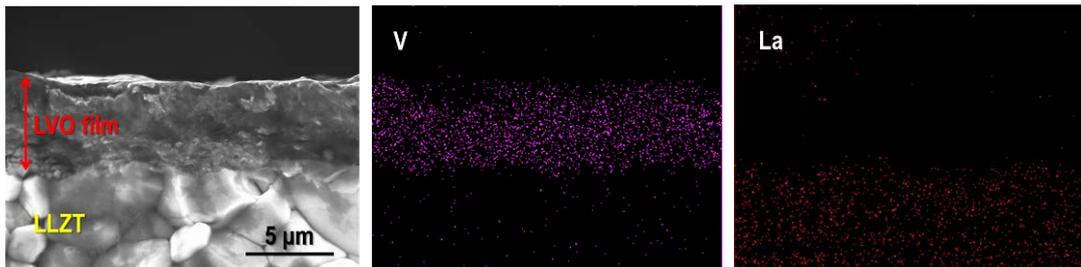


図8 LLZT上に成膜したLVO電極のSEM像(左)とV及びLaの元素マッピング結果

④ 高容量電極活物質を用いた酸化物固体電解質シート上への電極作製及び評価

図8に、ボールミル処理により粒径調整したLVO粉末を用いて、AD法によりLLZT焼結体シート上に作製したLVO膜の破断面SEM像とEDXによる元素マッピング結果を示す。LLZT上に厚さ5 μm 程度の高密度なLVO膜が固化しており、電極層ではLVOに含まれるV, 固体電解質層ではLLZTに含まれるLaの分布が確認できた。

LVO電極を形成したLLZTシートにLi対極を圧接して構成した全固体セルについて、27 $^{\circ}\text{C}$ で測定した交流インピーダンス測定結果(ナイキストプロット)を図9に示す。比較のため、LLZT単体(Auブロック電極使用)の測定結果も図示している。Li/LLZT界面の電荷移動に伴う応答は 10^4 – 10^5 Hzであることを事前確認しており、 10^1 – 10^3 Hzの低周波域で見られる半円はLVO/LLZT界面の電荷移動に伴う応答と判断した。また、LVO/LLZT界面の電荷移動抵抗(界面抵抗)は600 Ωcm^2 程度であり、Li/LLZT界面($\sim 100\Omega\text{cm}^2$)よりも大きい結果となった。

図10にLVO/LLZT/Li全固体セルの定電流充放電特性の温度依存性を示す。27 $^{\circ}\text{C}$ において25 mAh g^{-1} 程度、50 $^{\circ}\text{C}$ において100 mAh g^{-1} 程度の可逆容量が確認されたが、過電圧が非常に大きい。測定温度を100 $^{\circ}\text{C}$ に増加することで、過電圧の低下と共に容量が

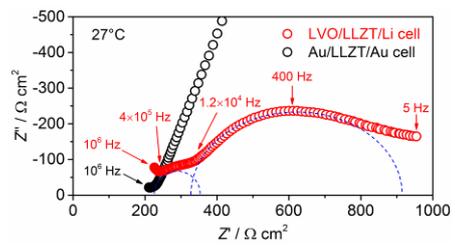


図9 LVO/LLZT/Li全固体セルの交流インピーダンス測定結果

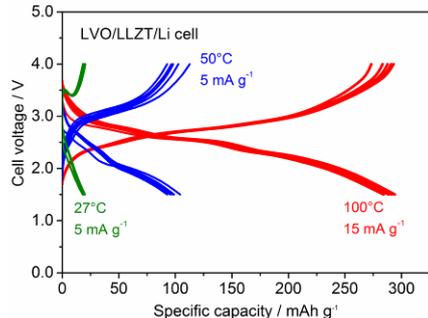


図10 LVO/LLZT/Li全固体セルの定電流充放電特性の温度依存性

向上し、LVO の理論容量に近い 290 mAh g^{-1} の可逆容量が得られた。

電流値を変化させつつ、 100°C で測定した充放電サイクル特性を図 11 に示す。電流値の増加と共に、過電圧が増加し可逆容量は減少するが、サイクル安定性は電流値によらず高いことが確認できる。この結果は、AD 法で形成した LVO 電極と LLZT シート間および、電極内の LVO 粒子間の結着性が高いためと考えられる。今後、LVO と固体電解質に複合化したコンポジット電極とすることで、更なる性能改善が実現できると考えられる。

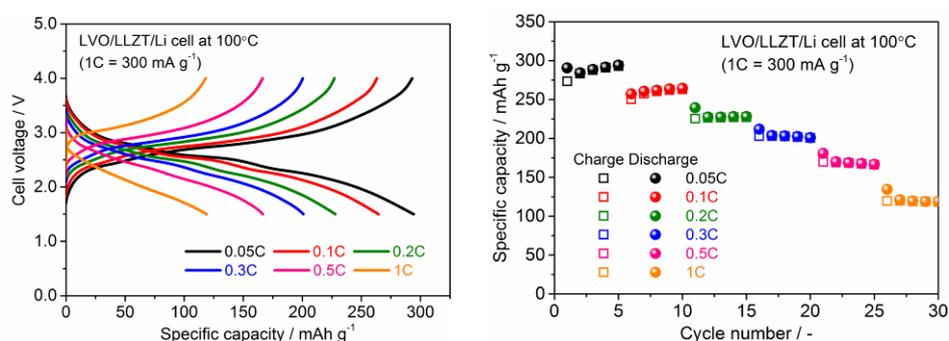


図 11 電流値を変化させて測定した LVO/LLZT/Li 全固体セルの充放電曲線 (左) とサイクル特性 (右)

なお、紙面の都合で詳細は割愛するが、高容量合金系負極活物質の一つである Sn_4P_3 についても AD 法による電極化検討を行った。本材料は高い電子伝導性を有すると共に、リチウムイオン吸蔵時にリチウムイオン伝導体である Li_3P を生成するため、電気化学反応を通じてコンポジット電極が形成される特徴がある。 Sn_4P_3 膜 ($2\mu\text{m}$ 厚) を成膜した LLZT 焼結したシートに Li 対極を圧接して全固体セルを構成し、 100°C で充放電特性を評価した結果、初回サイクル時に 800mAh g^{-1} 、10 サイクル後に 600mAh g^{-1} 程度の高い可逆容量を得ることができた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① [Ryoji Inada](#), Kohei Okuno, Shunsuke Kito, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai, Properties of Lithium Trivanadate Film Electrodes Formed on Garnet-type Oxide Solid Electrolyte by Aerosol Deposition, *Materials*, 査読有, 11(9), 2018, 1570.
DOI: 10.3390/ma11091570
- ② [Ryoji Inada](#), Satoshi Yasuda, Hiromasa Hosokawa, Masaya Saito, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai, Formation and Stability of Interface between Garnet-type Ta-doped $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ Solid Electrolyte and Lithium Metal Electrode, *Batteries*, 査読有, 4(2), 2018, 26.
DOI: 10.3390/batteries4020026
- ③ [Ryoji Inada](#), Takayuki Okada, Akihiro Bando, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai, Properties of Garnet-type $\text{Li}_6\text{La}_3\text{ZrTaO}_{12}$ Solid Electrolyte Films Fabricated by Aerosol Deposition Method, *Progress in Natural Science: Materials International*, 査読有, 27(3), 2017, 350–355.
DOI: 10.1016/j.pnsc.2017.06.002
- ④ [Ryoji Inada](#), Satoshi Yasuda, Masaru Tojo, Keiji Tsuritani, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai, Development of Lithium Stuffed Garnet-Type Oxide Solid Electrolytes with High Ionic Conductivity for Application to All-Solid-State Batteries, *Frontiers in Energy Research*, 査読有, 4, 2016, 28.
DOI: 10.3389/fenrg.2016.00028

[学会発表] (計 18 件)

- ① [Ryoji Inada](#), Daiki Azuma, Michael Wang, Jeff Sakamoto, Yoji Sakurai, Characterization of Tin Phosphide Films for All-Solid-State Battery Anode Fabricated By Aerosol Deposition, 236th Meeting of The Electrochemical Society, 2019 年 10 月 16 日, Atlanta, GA, USA. (発表予定)
- ② 塚原康平, 三橋尚輝, 鬼頭駿介, 東大貴, 東城友都, [稲田亮史](#), 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法による酸化物固体電解質を用いた電極複合体の作製と評価, 2018 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 2018 年 12 月 15 日, 名古屋.
- ③ 森高冬毅, 東城友都, [稲田亮史](#), 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法による $\text{Sn}_4\text{P}_3/\text{C}$ 複合膜電極の作製及び電気化学特性, 2018 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 2018 年 12 月 15 日, 名古屋.
- ④ 塚原康平, 三橋尚輝, 鬼頭駿介, 東大貴, 東城友都, [稲田亮史](#), 櫻井庸司, LISICON 系酸化物固体電解質を用いた電極複合体の作製および特性評価, 第 49 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2018 年 11 月 3 日, 名古屋.
- ⑤ 森高冬毅, 東城友都, [稲田亮史](#), 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法による $\text{Sn}_4\text{P}_3/\text{C}$ 複合膜電極の作製及び電気化学特性評価, 第 49 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2018 年 11 月 3 日, 名古屋.

- ⑥ Ryoji Inada, Kohei Okuno, Shunsuke Kito, Kohei Tsukahara, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai, Characterization of Lithium Vanadate Film Electrode Formed on Garnet-Type Oxide Solid Electrolyte by Aerosol Deposition, Americas International Meeting on Electrochemistry and Solid State Science (AiMES 2018), 2018年10月3日, Cancun, Mexico.
- ⑦ 稲田亮史, 酸化物系固体電解質を利用した全固体リチウム二次電池の研究(招待講演), 平成30年度日本セラミックス協会関東支部 支部講演会, 2018年4月12日, 東京.
- ⑧ 稲田亮史, 保田哲志, 細川寛将, 奥野晃平, 塚原康平, 東城友都, 櫻井庸司, ガーネット型酸化物固体電解質ーリチウム金属負極の界面形成条件の検討, 第58回電池討論会, 2017年11月14日, 福岡.
- ⑨ 奥野晃平, 保田哲志, 塚原康平, 鬼頭駿介, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法によるバナジウム酸リチウム薄膜電極の作製と特性評価, 第48回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2017年11月12日, 岐阜.
- ⑩ 保田哲志, 細川寛将, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, ガーネット型酸化物固体電解質と金属リチウムの界面形成条件の検討, 第48回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2017年11月12日, 岐阜.
- ⑪ 奥野晃平, 塚原康平, 鬼頭駿介, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法によるバナジウム酸リチウム薄膜電極の作製と特性評価, 日本セラミックス協会第30回秋季シンポジウム, 2017年9月19日, 神戸.
- ⑫ 釣谷慶次, 小西亮, 奥野晃平, 塚原康平, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法を用いた電極複合体の作製と評価, 平成28年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 2016年12月10日, 名古屋.
- ⑬ 稲田亮史, 釣谷慶次, 塚原康平, 奥野晃平, 山下優, 東城友都, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法による電極複合体の作製および特性評価, エアロゾルデポジション法による電極複合体の作製および特性評価, 第57回電池討論会, 2016年11月30日, 千葉.
- ⑭ 釣谷慶次, 奥野晃平, 塚原康平, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, $\text{LiMn}_2\text{O}_4\text{-LiVO}_3$ 複合粒子の調整および特性評価, 第47回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2016年11月6日, 豊橋.
- ⑮ 山下優, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法による Sn_4P_3 膜電極の作製および特性評価, 第47回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2016年11月6日, 豊橋.
- ⑯ 保田哲志, 東條勝, 米倉知宏, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, ガーネット型酸化物固体電解質 $\text{Li}_{6.5}\text{La}_{3-x}\text{Ba}_x\text{Zr}_{1.5-x}\text{Ta}_{0.5+x}\text{O}_{12}$ の合成および特性, 日本セラミックス協会第29回秋季シンポジウム, 2016年9月7日, 広島.
- ⑰ 板東堯宏, 秋月貴裕, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法によるガーネット型酸化物固体電解質膜の作製および特性, 日本セラミックス協会第29回秋季シンポジウム, 2016年9月7日, 広島.
- ⑱ Ryoji Inada, Satoshi Yasuda, Masaru Tojo, Ryo Konishi, Keiji Tsuritani, Yuh Yamashita, Kohei Okuno, Tomohiro Tojo, Yoji Sakurai, Synthesis and Characterization of Ba and Ta Substituted Garnet-Type $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ Solid Electrolyte for All-Solid-State Lithium Battery, 18th International Meeting on Lithium Batteries (IMLB 2016), 2016年6月20日, Chicago, IL, USA.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

豊橋技術科学大学教員紹介 <https://www.tut.ac.jp/university/faculty/ee/141.html>

クリーンエネルギー変換研究室ホームページ <http://www.cec.ee.tut.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者
なし

(2) 研究協力者
なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。