

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：13904

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26630111

研究課題名(和文) 常温衝撃固化現象を利用した高リチウムイオン伝導性酸化物固体電解質薄膜の創製

研究課題名(英文) Fabrication and Properties of Lithium-ion Conducting Oxide Solid Electrolyte Films via Impact Consolidation at Room Temperature

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) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：エアロゾルデポジション(AD)法は、常温下にてセラミックス微粒子が基板に高速衝突した際に生じる衝撃固化現象を利用した薄膜・厚膜形成技術である。本研究では、全固体リチウムイオン電池用固体電解質としての利用が期待されている $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ (LAGP)や $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_{20}\text{O}_{12}$ (LLZ)等のリチウムイオン伝導性酸化物粉末を直接原料として、AD法により熱アシストなしで膜化することを試みた。各固体電解質材料について、衝撃固化を介して多結晶膜が形成できる原料粉末の調整条件を見出し、室温下にて $10^{-6}$  S/cmオーダーのイオン伝導率を有する酸化物固体電解質膜を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：We tried to fabricate  $\text{Li}^+$  conducting oxide solid electrolyte films by aerosol deposition (AD) method. Ball-milled  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$  (LAGP) and  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_{20}\text{O}_{12}$  (LLZ) powders were used as raw materials for film fabrication and directly splayed onto stainless steel or glass substrate to form LAGP or LLZ film via impact consolidation at room temperature. As results, both LAGP and LLZ films via AD process are composed of fractured LAGP and LLZ particles with the sizes far below  $1\ \mu\text{m}$ . LAGP film formed by AD has same crystal structure without forming any impurity phases, while LLZ film formed by AD has slightly larger lattice size than raw LLZ powder and includes impurity phases such as  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{LiZrO}_2$  and  $\text{La}_2\text{Zr}_{20}\text{O}_{12}$ . Local heating caused at collision interface between raw powder and deposition surface may affect on slight structural change and impurity phase formation in LLZ film.  $\text{Li}^+$  ion conductivity of LAGP and LLZ films are estimated to be  $5 \times 10^{-6}$  S/cm and  $2.4 \times 10^{-6}$  S/cm at 27 °C.

研究分野：工学

キーワード：酸化物固体電解質 常温衝撃固化 エアロゾルデポジション 薄膜 リチウムイオン伝導率

### 1. 研究開始当初の背景

不燃性の無機固体リチウムイオン伝導体を電解質層に用いた全固体リチウムイオン電池(全固体電池)は、高エネルギー密度化と高安全性を同時に達成し得る次世代型蓄電デバイスとして、その実現に大きな期待が寄せられている。キーマテリアルとなる固体電解質には、高いリチウムイオン伝導性に加えて、正極・負極に対して優れた化学的安定性を有し、吸水性がなくハンドリングが容易であること等、多くの要件が要求される。これらの要件をバランスよく満たす酸化物系固体電解質材料として  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$  (LAGP) や  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  (LLZ) 等が知られているが、焼結体のリチウムイオン伝導率  $\sigma_{\text{Li}}$  は室温で  $10^{-4} \text{ Scm}^{-1}$  程度であり、現行の有機電解液と比べて一桁程度低い。LAGP や LLZ を用いて、内部抵抗が小さく高い入出力特性を持つ全固体電池を実現するためには、固体電解質層を  $\mu\text{m}$  オーダーに薄肉化(膜化)し、材料内のイオン拡散距離を短縮して実質的なイオン移動抵抗を低減した上で、円滑な電池反応を発現可能な電極-固体電解質接合界面の形成が必要となる。

前者に関しては、気相法(パルスレーザー蒸着法、スパッタリング法、等)や液相法(ゾル-ゲル法)を用いた LAGP および LLZ 膜の作製が試みられているが、高特化に必須となる組成制御の困難さや得られた膜の結晶性や密度に起因して、焼結体と比較して一桁以上低い  $\sigma_{\text{Li}}$  しか得られていない。またこれらの手法では、結晶化のために成膜時の基板加熱や成膜後の後熱処理などが必要であるが、電極層と一体化する際に、高温下での材料間の相互反応等により、低抵抗な接合界面を構築できない懸念がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、キャリアガスと混合した結晶微粒子を基材に高速衝突させた際に生じる常温衝撃固化現象(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、本質的に高い室温イオン伝導率を有する酸化物系固体電解質粉末を直接原料として、AD法による酸化物系固体電解質薄膜の作製を行うことを目的としている。AD法では、一般に原料微粒子と同一組成・結晶相を有する多結晶膜を熱アシストなしで作製可能なため、前述した他の薄膜形成技術における諸問題を克服できる可能性がある。酸化物系固体電解質として、LAGP および LLZ を選択し、原料粉末の粒子径や結晶系の違いが膜の結晶相、微細組織および電気伝導特性におよぼす影響を考察した。

### 3. 研究の方法

成膜原料として使用する LAGP 粉末は簡便な固相反応法により合成した。出発原料である  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{NH}_4\text{H}_2(\text{PO}_4)_3$  を 0.75:0.25:1.5:3 のモル比となるように秤量・混

合し、大気中にて 450℃、20 時間仮焼した。得られた仮焼粉をボールミルによる 6 時間の湿式粉碎した後ペレット化し、950℃、10 時間の大気中焼成を経て、ほぼ単相の LAGP 粉末を得た。合成した LAGP 粉末をボールミルにより 3 時間および 4.5 時間湿式粉碎し、異なる粒径に調整した上で成膜原料として使用した。一方、LLZ に関しては、豊島製作所にて調整された立方晶および正方晶 LLZ 粉末を成膜原料として使用した。

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各固体電解質粉末をキャリアガス( $\text{N}_2$ )と混合しエアロゾルを形成し、ノズル(開口部寸法 10 mm × 0.5 mm)を介して 10 Pa 程度に真空引きした成膜チャンパー内に配置したガラスおよび SUS316L 基板に噴射した。エアロゾル容器と成膜チャンパーの圧力差を駆動力として加速された粉末が、基板衝突時の衝撃力で破碎・変形後に固化することによって常温下で膜が形成される。成膜条件は、キャリアガス流量  $20 \text{ L min}^{-1}$ 、ノズル-基板間距離 10 mm、成膜時間 20-60 分、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 10 mm × 10 mm の範囲に成膜した。

成膜に使用した固体電解質粉末および得られた膜の結晶相同定、微細構造観察には、X 線回折(XRD)および走査型電子顕微鏡(SEM)を用いた。また膜表面にスパッタリング法により金電極を形成し、交流インピーダンス法を用いて、環境温度 27°C、周波数 5 Hz-1 MHz、印加電圧振幅 0.1 V の条件下にて、LAGP および LLZ 膜のイオン伝導率を評価した。

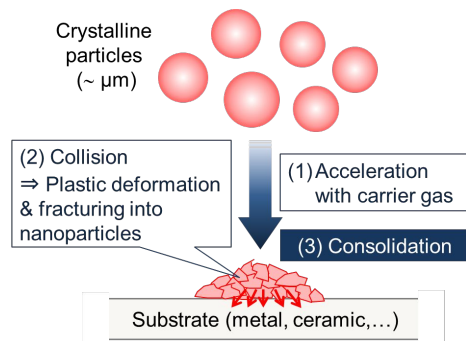


図1 常温衝撃固化現象のイメージ図

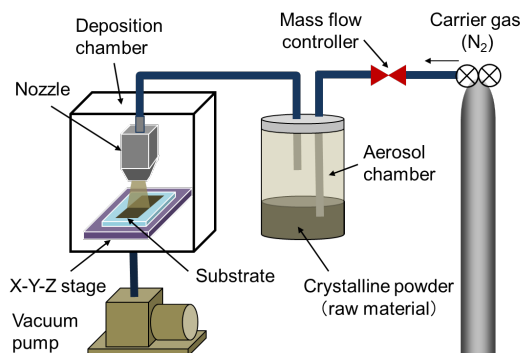


図2 AD装置の構成

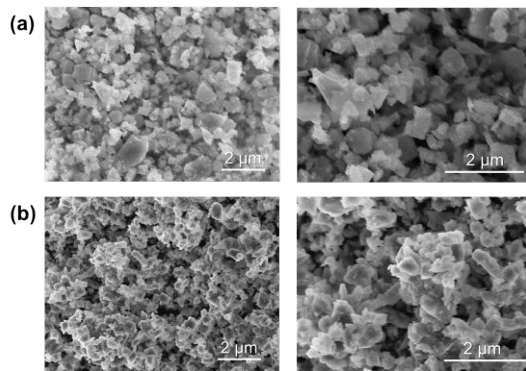


図3 粉碎処理後のLAGP粉末のSEM像  
(a) 粉碎処理3h, (b) 粉碎処理4.5h

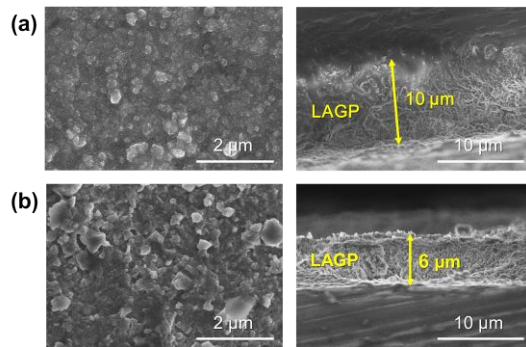


図4 LAGP膜表面(左)および破断面SEM像  
(a) 3h 粉碎粉末使用, (b) 4.5h 粉碎粉末使用

#### 4. 研究成果

##### (1) LAGP膜の特性評価

図3に成膜に使用した2種類のLAGP粉末, 図4にこれらの粉末を原料としてAD法で作製したLAGP膜表面のSEM像を示す。図3より, 粉碎処理3時間の粉末試料は0.5–1 μm程度のLAGP粒子が多く含まれているのに対し, 粉碎処理4.5時間の粉末試料は0.3–0.5 μmと更に微細化したLAGP粒子が多く含まれていることに加え, 一部は凝集している様子が確認できる。この2種類のLAGP粉末を用いて成膜したLAGP膜の微細構造にも, 図4に示す通り明確な違いが見られた。いずれの場合においても, 基板衝突時の衝撃によってLAGP粒子が強く変形し, 100 nm オーダーに破碎している様子が確認できるが, 3時間粉碎処理を行った粉末を原料とした場合には, 空隙の少ない緻密な組織が得られている(図4(a))。一方, 粉碎時間を4.5時間に延長し, 更に微細化した粉末を原料とした場合には, 空隙が多い組織になっていることが分かる。作製したLAGP膜の相対密度(実際の膜密度/LAGPの理論密度(=3.42 g cm<sup>-3</sup>))は, 3時間粉碎粉末を原料とした膜試料が80%程度であったのに対し, 4.5時間粉碎粉末を原料とした膜試料では70%以下であった。更に, 成膜時間が同一であるにもかかわらず, 原料粉末の粒径の違いで膜厚も異なっており, 3時間粉碎処理を行った粉末を使用した方が高い成膜レートで膜形成されていることが分かる。この結果は, 実際の膜形成に寄与し得る粒径のLAGP

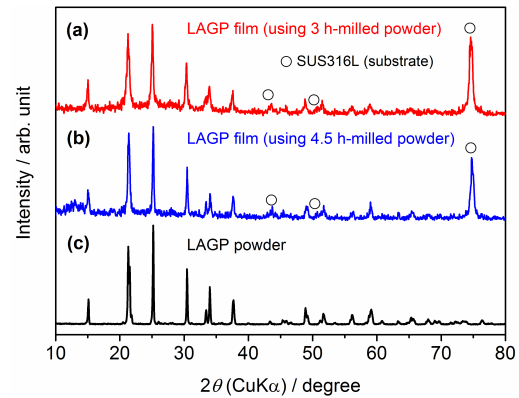


図5 LAGP膜およびLAGP粉末のXRDパターン比較

粒子が, 3時間粉碎粉末の方に多く存在していたためと推測される。

図5には, AD法で作製したLAGP膜とLAGP粉末のXRD測定結果の比較を示す。粉末試料の回折パターンよりほぼ単相のLAGP粉末が合成されていることを確認した。また, AD法で作製したLAGP膜試料の回折パターンは粉末試料と同様であり, 基板であるSUS316L由来の回折ピーク以外の異相に由来するピークは見られなかった。この結果から, AD法を用いることでLAGP膜を常温下で形成できていることが確認された。なお, 膜試料の回折ピークは粉末試料と比較してややブロード化する傾向が見られたが, これは図5のSEM像からも確認できるとおり, 原料のLAGP粒子が基板に衝突した際の衝撃で破碎し微粒化したことや結晶性の低下によるものと考えられる。

LAGP膜の交流インピーダンス測定結果(ナイキストプロット)を図6に示す。横軸 $Z'$ は膜試料のインピーダンスの実部, 縦軸 $Z''$ はインピーダンスの虚部に対応している。一般に, 多結晶イオン伝導性材料のナイキストプロットでは, 周波数の増加と共に「電極-試料界面の抵抗と電気二重層容量による半円(金, ステンレス等のリチウムイオンブロッキング電極を使用した場合はほぼ直線状に変化), 試料中の粒界部分のイオン伝導抵抗と電気二重層容量による半円,

試料中の粒内部分のイオン伝導抵抗と電気二重層容量による半円, の3つの領域が現れる。 $Z'$ 軸上で見積もられる半円の直径は粒界抵抗 $R_{gb}$ および粒内抵抗 $R_{bulk}$ に対応し, 試料全体としてのイオン伝導抵抗 $R_{total}$ は両者の和で与えられる。各測定結果より, はいずれの試料においても観測できるが, 測定周波数の制約により粒内イオン伝導に帰属するは見られなかった。このため, の半円と $Z'$ 軸との低周波側(右端)での交点を $R_{total}$ , 高周波側(左端)での交点を $R_{bulk}$ として, 27°Cでの総合伝導率 $\sigma_{total}$ および粒内伝導率 $\sigma_{bulk}$ を算出した結果, 3時間粉碎粉末を用いて作製した膜では $\sigma_{total} = 5 \times 10^{-6} \text{ S cm}^{-1}$ ,  $\sigma_{bulk} = 3 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ であったのに対し, 4.5時間粉碎粉末を用いて作製した膜では $\sigma_{total} = 0.2 \times 10^{-6} \text{ S cm}^{-1}$ ,  $\sigma_{bulk} = 1 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ を得た。 $\sigma_{bulk}$ は近い値となったが, 後者の $\sigma_{total}$ が前

者よりも一桁以上低いのは、図4に示す通り低密度で空隙が多いためと考えられる。また、3時間粉碎粉末を用いて作製したLAGP膜においても、 $\sigma_{total}$  は $\sigma_{bulk}$  より一桁以上小さく、AD法で作製したLAGP膜では、焼結体と比較して粒界抵抗が非常に大きいことが確認された。今後の課題として、より高い膜密度を実現できるように、LAGP粉末の粒子形態やガス流量などの成膜条件を検討する必要がある。

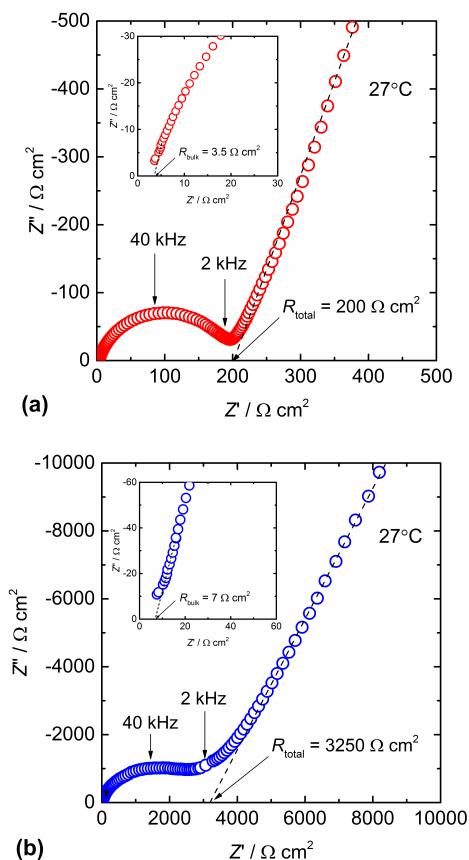


図6 LAGP膜の交流インピーダンス測定結果 (a)3h 粉碎粉末使用, (b)4.5h 粉碎粉末使用

## (2) LLZ膜の特性評価

図7に、使用した豊島製作所製立方晶LLZおよび正方晶LLZ粉末のSEM像を示す。いずれの試料においても、2-5 μm程度の粒子が凝集することなく分散した状態で含まれていることが確認された。XRDによる、立方晶および正方晶LLZ粉末の結晶相同定結果を図8に示す。異相として $\text{Li}_2\text{CO}_3$ や $\text{La}(\text{OH})_3$ を僅かに含有しているものの、主相の回折ピークは既報の立方晶および正方晶LLZのピークとよく一致し、ほぼ単相のLLZ粉末であることが確認できる。

立方晶および正方晶LLZ粉末を原料として作製したLLZ膜の膜面・破断面SEM像を図9に示す。AD成膜時の衝撃により変形・破碎された粒子により膜が形成されており、粒子間の空隙はほとんど見られず高密度な膜が得られていることが確認できる。

図10に各LLZ膜のXRD測定結果を原料である立方晶および正方晶LLZ粉末と比較した結果を示す。立方晶LLZ粉末を原料とした

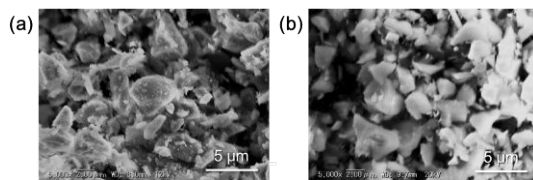


図7 立方晶(a)および正方晶LLZ粉末(b)のSEM像

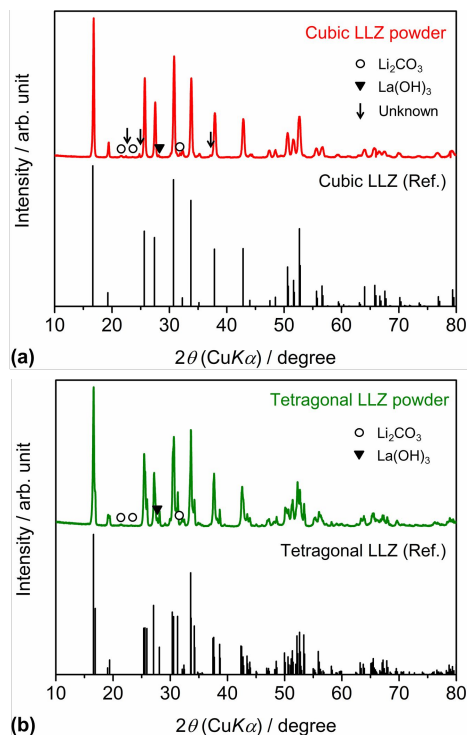


図8 立方晶(a)および正方晶LLZ粉末(b)のXRD測定結果

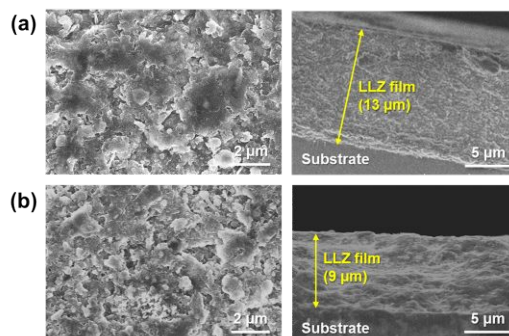


図9 LLZ膜表面(左)および破断面SEM像 (a)立方晶LLZ使用, (b)正方晶LLZ使用

場合、原料には含まれていなかった $\text{Li}_2\text{ZrO}_3$ や $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ に帰属される回折ピークが現れると共に、 $\text{Li}_2\text{CO}_3$ に由来するピークの相対強度の増大が見られた。更に主相の立方晶ガーネット構造に由来する回折ピークは、原料粉末と比較すると僅かに低角度側にシフトしており、膜化後に主相の立方晶LLZの格子定数の増大が見られた。更に主相の立方晶ガーネット構造由来の回折ピークは、原料粉末と比

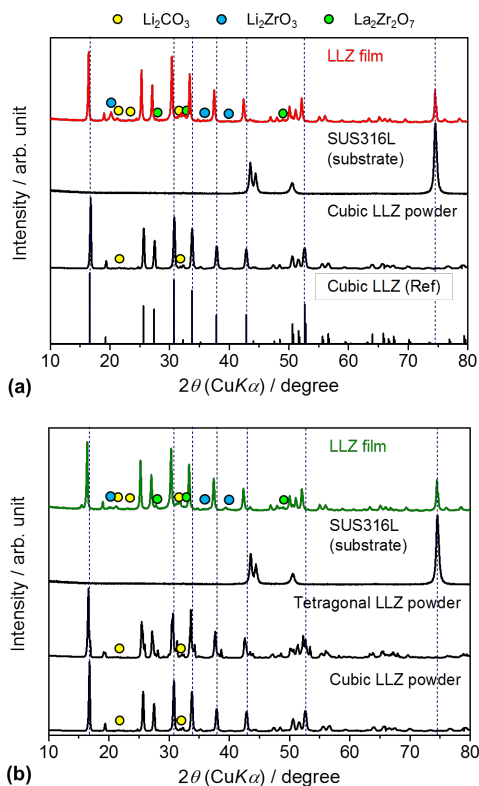


図 10 LLZ 膜と LLZ 粉末の XRD パターン比較  
(a)立方晶 LLZ 使用, (b)正方晶 LLZ 使用

較すると僅かに低角度側にシフトしており、膜化後に主相の立方晶 LLZ の格子定数が僅かに増大していることが確認された。一方、正方晶 LLZ 粉末を原料とした場合においても、膜化後に  $\text{Li}_2\text{ZrO}_3$  や  $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$  といった異相生成と  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  のピーク増大が見られたが、主相の LLZ は正方晶ではなく立方晶ガーネット構造に変化していることを確認した。更に、LLZ 相の回折ピークは、前述した立方晶 LLZ 粉末のピークよりも低角度側にシフトしており、LLZ 粉末よりも格子定数が僅かに大きいことが分かった。

LLZ の結晶構造の安定性を評価した先行研究において、 $\text{CO}_2$  含有雰囲気下あるいは合成時に試料自身が  $\text{CO}_2$  を含有した条件下にて、数 100 程度で正方晶 LLZ を加熱した際に、正方晶から立方晶への構造変化が生じることが報告されている (S. Toda, et al., Solid State Ionics 233 (2013) 102, Y. Matsui, et al., Solid State Ionics 277 (2015) 23)。なお、このような低温度域において得られる立方晶 LLZ は、1000–1200 の高温焼結を経て得られる立方晶 LLZ よりも格子定数が大きく、室温でのイオン伝導率も  $10^{-6} \text{ S cm}^{-1}$  程度と低い特徴を有する。更に、AD 成膜時において、原料粉末が基板に高速で衝突した際に、粒子衝突面近傍において、局所的に 200–300 程度の温度上昇が発生することが指摘されている (J. Akedo, J. Am. Ceram. Soc. 89 (2006) 1834)。補足実験として、成膜に使用した正方晶 LLZ 粉末を窒素フロー下にて 200–500°C で熱処理したところ、400 以下において不完全ではあ

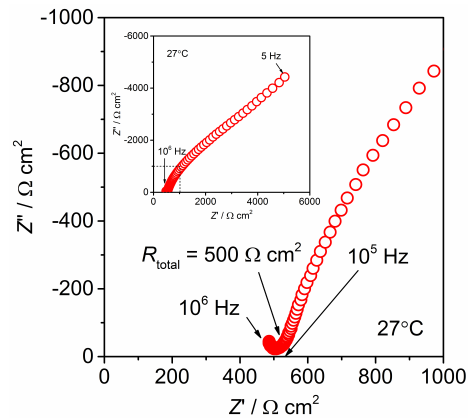


図 11 LLZ 膜の交流インピーダンス測定結果

るが正方晶から立方晶相への構造変化が見られた。以上を踏まえると、膜化後の LLZ の結晶構造変化や異相生成には、原料自身が含有する  $\text{CO}_2$  と成膜時の局所的な温度上昇が関与している可能性が高いと推察される。

立方晶 LLZ 粉末を用いて作製した LLZ 膜の交流インピーダンス測定結果 (ナイキストプロット) を図 11 に示す。測定周波数の制約で、電極 - 試料界面の抵抗と電気二重層容量による低周波数域の応答は見られたが、 $10^5 \text{ Hz}$  以上における膜のイオン伝導抵抗に帰属される半円の右端近傍部分しか得られなかった。このため、電極 - 試料界面部分の曲線を  $Z'$  軸に外挿した際の交点を膜抵抗  $R_{\text{total}}$  として読み取り、総合伝導率  $\sigma_{\text{total}}$  を算出した結果、27 において  $\sigma_{\text{total}} = 2.4 \times 10^{-6} \text{ S cm}^{-1}$  を得た。この値は、パルスレーザー蒸着法やゾルゲル法で作製された LLZ 膜の特性とほぼ同等であるが、先述した高温焼結体の伝導率より二桁低い。この原因として、 $\text{Li}_2\text{CO}_3$  や膜化後に生成した Zr 含有酸化物等の異相によって、膜内のイオン伝導が阻害されたことや、成膜時の温度上昇に伴う LLZ 自身の改質が考えられる。

今後の課題として、LLZ よりも結晶構造の安定性が高く、異相生成の一因となる Zr を含まない  $\text{Li}_6\text{BaLa}_2\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  や  $\text{Li}_{5+x}\text{La}_3\text{Ta}_{2-x}\text{Y}_x\text{O}_{12}$  等について AD 法による膜化を行い、より高特性な固体電解質膜の形成を行ったうえで、全固体電池化に向けた電極層との一体化を目指したいと考えている。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

- K. Kimura, K. Wagatsuma, T. Tojo, R. Inada, Y. Sakurai, Effect of composition on lithium-ion conductivity for perovskite-type lithium-strontium-tantalum-zirconium-oxide solid electrolytes, Ceramics International, 査読有, 42(4), 2016, pp.5546-5552  
DOI: 10.1016/j.ceramint.2015.12.133  
R. Inada, K. Ishida, M. Tojo, T. Okada, T.

Tojo, Y. Sakurai, Properties of aerosol deposited NASICON-type  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}\text{-(PO}_4)_3$  solid electrolyte thin films, Ceramics International, 査読有, 41(9), 2015, pp.11136-11142

DOI: 10.1016/j.ceramint.2015.05.062

R. Inada, K. Kusakabe, T. Tanaka, S. Kudo, Y. Sakurai, Synthesis and properties of Al-free  $\text{Li}_{7-x}\text{La}_3\text{Zr}_{2-x}\text{Ta}_x\text{O}_{12}$  garnet-related oxide, Solid State Ionics, 査読有, 262, 2014, pp.568-572

DOI: 10.1016/j.ssi.2013.09.008

R. Inada, K. Kimura, K. Kusakabe, T. Tojo, Y. Sakurai, Synthesis and lithium-ion conductivity for perovskite-type  $\text{Li}_{3/8}\text{Sr}_{7/16}\text{-Ta}_{3/4}\text{Zr}_{1/4}\text{O}_3$  solid electrolyte by powder-bed sintering, Solid State Ionics, 査読有, 261, 2014, pp.95-99

DOI: 10.1016/j.ssi.2014.04.005

〔学会発表〕(計 12 件)

岡田貴之, 板東堯宏, 我妻倅太, 保田哲志, 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  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  薄膜の作製および特性評価, 平成 27 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 2015 年 12 月 12 日, 名古屋

小西亮, 釣谷慶次, 奥野晃平, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法による正極活物質 - 固体電解質複合電極の作製および特性, 平成 27 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 2015 年 12 月 12 日, 名古屋

東條勝, 山下優, 奥野晃平, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法による負極活物質 - 固体電解質複合厚膜電極の作製, 平成 27 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 2015 年 12 月 12 日, 名古屋

稲田亮史, 岡田貴之, 板東堯宏, 東城友都, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法によるガーネット構造酸化物固体電解質厚膜の作製及び特性, 第 56 回電池討論会, 2015 年 11 月 11 日~13 日, 名古屋

東條勝, 山下優, 奥野晃平, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, エアロゾルデポジション法による電極活物質 - ナシコン型固体電解質複合厚膜の作製と評価, 日本セラミックス協会第 28 回秋季シンポジウム, 2015 年 9 月 16 日~18 日, 長野

岡田貴之, 板東堯宏, 我妻倅太, 保田哲志, 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  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  薄膜の作製および特性評価, 日本セラミックス協会第 28 回秋季シンポジウム, 2015 年 9 月 16 日~18 日, 長野

R. Inada, T. Okada, K. Tsuritani, K. Wagatsuma, T. Tojo, Y. Sakurai, Properties

of lithium-stuffed garnet-type oxide solid electrolyte thick film fabricated by aerosol deposition method, The 20th International Conference on Solid State Ionics (SSI-20), 2015 年 6 月 14 日~19 日, Keystone, USA  
政田千彰, 東條勝, 小西亮, 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活物質 - 固体電解質複合厚膜電極の作製および特性評価, 第 45 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2014 年 11 月 29 日~30 日, 春日井

R. Inada, Y. Nakanishi, C. Masada, M. Tojo, T. Tojo, Y. Sakurai, Electrochemical properties of  $\text{LiMn}_2\text{O}_4\text{-Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  composite film electrode fabricated by aerosol deposition method, 226th Meeting of The Electrochemical Society, 2014 年 10 月 5 日~10 日, Cancun, Mexico

木村圭祐, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, ペロブスカイト構造リチウムイオン伝導体  $\text{Li}_{3/8}\text{Sr}_{7/16}\text{Ta}_{3/4}\text{Zr}_{1/4}\text{O}_3$  の合成および特性評価, 日本セラミックス協会第 27 回秋季シンポジウム, 2014 年 9 月 9 日~11 日, 鹿児島

政田千彰, 東條勝, 小西亮, 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活物質 - 固体電解質複合厚膜電極の作製, 日本セラミックス協会第 27 回秋季シンポジウム, 2014 年 9 月 9 日~11 日, 鹿児島

日下部晃司, 岡田貴之, 東城友都, 稲田亮史, 櫻井庸司, ガーネット系酸化物固体電解質  $\text{Li}_{6.5}\text{La}_3\text{Zr}_{1.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{12}$  の特性に及ぼす Al 添加の影響, 日本セラミックス協会第 27 回秋季シンポジウム, 2014 年 9 月 9 日~11 日, 鹿児島

〔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

<http://www.tut.ac.jp/university/faculty/ee/141.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲田 亮史 (INADA, Ryoji)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 30345954

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし