

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 27 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K06846

研究課題名(和文) 全固体リチウムイオン二次電池の充放電時におけるリチウムイオン移動機構の解明

研究課題名(英文) Clarification of migration process of lithium ions in all-solid-state lithium ion secondary batteries during charging and discharging

研究代表者

土屋 文 (TSUCHIYA, Bun)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：90302215

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：全固体リチウム(Li⁺)イオン二次電池試料に1.65～2.05 Vの各電圧まで充電しながら、9 MeVの銅イオン(Cu¹⁰⁺)ビームによる飛行時間型反跳粒子検出(ToF-ERD)法を用いて、正・負極側のそれぞれのLi濃度分布の変化をその場で測定し、充電時における正・負極/固体電解質界面近傍のLiイオン移動機構について調べた。正極側のLiCoO₂中のLi濃度は減少し、負極側のLATP中のLi濃度が増加することがわかった。従って、ToF-ERD法を用いて、正極のLiイオンが電位勾配により負極へ駆動されることをその場で観測し、Liイオン移動量を数十nmの深さ分解能で評価することを可能とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マグネトロンスパッタリング装置を用いて、厚さ約150 μmの全固体リチウムイオン二次電池を作製し、イオンビーム分析手法を利用して正・負極/固体電解質間のリチウムイオンの移動をその場で観測するという明確な目標があり、新たな発想で従来にはない取り組みを行った。

また、この提案した手法を用いることで、充放電時における正極、負極および固体電解質中の過渡的なリチウム濃度を評価することが可能となるため、より優れたリチウムイオン導電性能を有するリチウム電池の開発へとつながることが期待される。従って、本研究は、今後の活気ある持続可能な社会の構築を実現するための極めて重要かつ不可欠な研究であった。

研究成果の概要(英文)：The lithium (Li) concentrations for both of Au/LiCoO₂/Li_{1.4}Al_{0.4}Ge_{0.7}Ti_{0.9}P₃O₁₂(LATP) positive electrode side and Pt/LATP negative one in Au/LiCoO₂/LATP/Pt all-solid-state Li⁺ ion secondary batteries were in situ measured under charging various voltages from 1.65 to 2.04 V in a vacuum using the high-energy time-of-flight elastic recoil detection (ToF-ERD) technique with 9.0-MeV Cu¹⁰⁺ ion-probe beams. The ToF-ERD spectra significantly revealed that the Li concentration in the LiCoO₂ positive electrode decreased with an increase in the charged voltages and the Li concentration in the LATP negative one increased. Therefore, it could be concluded that the Li migration from the LiCoO₂ positive electrode to the LATP negative one in the battery was dynamically observed under the various charges using the ToF-ERD technique with the reliable depth resolution in approximately a tens of nanometer scale.

研究分野：リチウムイオン二次電池材料

キーワード：リチウム酸化物 リチウムイオン二次電池 リチウムイオン移動機構 飛行時間型反跳粒子検出法 リチウム蓄積量その場測定

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、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

リチウム(Li⁺)イオン二次電池は、長時間の繰り返し充放電を可能とするため、携帯電話やノートパソコンなどの携帯機器用小型電源として現代社会に普及している。Li⁺イオン電池は、様々な組み合わせがある中の1つの例として、正極(リチウムコバルタイト; LiCoO₂)、有機電解液の電解質(LiClO₄, LiPF₆)および負極(カーボン; C)から構成されている。使用されている有機電解液は反応性が高く、発火の恐れがあるため、Li⁺イオン電池を安心して利用するためには、この有機電解液を改善する必要がある。最近では、有機電解液を不燃性の固体電解質に置き換えた全固体のLi⁺イオン電池の開発研究が進められている。このLi⁺イオン電池は、安全性に優れるだけでなく、軽量化および小型化が可能であることから、設計自由度が高く、高エネルギー密度を有する次世代の蓄電池として期待されている。その1つの例として、Li⁺イオン伝導体である固体電解質(LATP: Li_{1-x}Al_xTi_{2-x}(PO₄)₃)の片面に正極のLiCoO₂を被覆し、電圧を印加することで固体電解質内にその場で形成される負極(リチウムチタネート; Li_xTi_y(PO₄)₃)を利用した全固体のLi⁺イオン電池が挙げられる。充電は、正極-負極間に電圧を印加することで正極のLiCoO₂層間を占有するLi⁺イオンが脱離して固体電解質に移動し、負極のLi_xTi_y(PO₄)₃層間に蓄積することで実現する。放電は、その負極に蓄積されたLi⁺イオンが脱離して逆方向に固体電解質に移動し、エネルギー的に安定なLiCoO₂へ移動する際に発生する。電池の性能は、正極/固体電解質および負極/固体電解質のそれぞれの界面におけるLi⁺イオンの移動し易さによって決定される。従って、充放電時において、正極から負極、あるいは負極から正極へのLi⁺イオンの輸率や移動速度、LiCoO₂およびLi_xTi_y(PO₄)₃層間内の過渡的なLi⁺イオン蓄積量の情報は、全固体Li⁺イオン電池の開発において極めて重要なデータとなる。

これまで、本研究室では、マグネトロンスパッタリング装置により、厚さ約150 μmのLATP固体電解質(負極を含む)の片面に正極としてLiCoO₂薄膜、さらに集電体として金(Au)薄膜、その反対側にプラチナ(Pt)薄膜を蒸着し、Au/LiCoO₂/LATP/Ptの全固体Li⁺イオン電池試料を作製し、MeVの高エネルギーの酸素(O⁺)イオンをプローブビームとした反射型の反跳粒子検出(ERD: Elastic Recoil Detection)法を利用することで、Li⁺イオン電池に含まれる微量なりチウム(Li)原子の過渡的な蓄積濃度を評価できることを見出してきた。しかしながら、現在の反射型のERD法によるリチウム濃度分布測定手法の深さ分解能は約30 nm程度と極めて低いため、充放電時におけるLi⁺イオン電池内の厚さ数十nmの正極、負極および固体電解質界面近傍の深さ方向に対するリチウム濃度分布を十分に区別して分析していない。また、本研究室では、LiCoO₂薄膜は試料作製および大気暴露中に水素を吸収することも発見しており、水素(H)のピークがERDスペクトル中にLiのピークと重なって現れ、正(負)極/固体電解質界面近傍のLi濃度が正確に計測されていない。これらの主な要因は、厚さ約6 μmのアルミニウム(Al)薄膜がERD法に用いる表面障壁型半導体検出器(SSD: Solid State Detector)前にアブソーバーとして取り付けられているためである。このAl薄膜は入射プローブビームのO⁺イオンを阻止し、Li原子等の軽元素を計測するための重要な役割を果たしている。O⁺イオンとの弾性衝突により、試料から前方に反跳されたLi原子はAl薄膜を通過してSSDで検出されるが、通過する際に非弾性衝突を繰り返してE_± Eのエネルギーを失う。ここで、Eは平均エネルギー損失量、Eはストラグリング(energy straggling)であり、反跳された各Li原子において失うエネルギー量が異なることを示す。即ち、このストラグリングが、深さ分解能の低下を導いている。さらに、Al薄膜中のHのエネルギー損失量はLiのエネルギー損失量よりも低いため、試料から反跳されたHもAl薄膜を通過してSSDで検出され、最終的にLi濃度分布の変化に影響を与えてしまう。従って、深さ分解能の向上およびLiおよびH原子の分離を行い、充放電時の正極・負極/固体電解質界面におけるLi⁺イオン移動機構のメカニズムを明確に議論するためには、Al薄膜を取り外し、試料から反跳される各元素を分離して計測する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、材料中のリチウム濃度を約10 nm程度の高い深さ分解能で定量的に計測可能な飛行時間測定を組み込んだ反跳粒子検出(ToF-ERD: Time-of-Flight Elastic Recoil Detection)法によって、電圧印加された全固体Li⁺イオン電池の正および負極側のそれぞれのLi濃度分布の変化をその場で測定し、充電時における正・負極/固体電解質界面近傍のLi⁺イオン移動機構を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

マグネトロンスパッタリング装置により、寸法25.4 mm×25.4 mm×150 μmのLATP固体電解質の片面に厚さ約88 nmのLiCoO₂を473 Kおよび酸素雰囲気において蒸着した。次に、LiCoO₂薄膜側に厚さ約14 nmのAu薄膜、LATP側に厚さ約10 nmのPt薄膜を電極として蒸着し、全固体のLi⁺イオン電池(Au/LiCoO₂/LATP/Pt)試料を作製した。

次に、若狭湾エネルギー研究センターに設置されたToF-ERD法による構成元素濃度分布測定装置を用いて、作製したAu/LiCoO₂/LATP/Pt試料のAuおよびPt側の両表面から深さ約300 nm

の領域の構成元素(Li, O, Al, P, Ti, Au, Co)濃度を計測した。ToF-ERD 法では、タンデム型加速器から 9 MeV の Cu^{10+} イオンビームを試料の Au 側に試料表面の法線に対して 70° で入射し、 Cu^{10+} イオンとの弾性衝突により入射方向に対して 40° 前方に反跳された各元素のエネルギーとその個数を SSD により計測した。さらに、SSD の前に設置された時間検出器(MCP : Micro-channel Plate)を用いて、前方に反跳された各元素の飛行時間を同時計測することで、各元素の速度および質量を解析し、最終的に各元素の種類を判別した。ここで、前方 MCP(M_1)と後方 MCP(M_2)間の距離は 611 mm である。 M_2 の信号を基準($t = 0$)として、 $T_0 = 411.5$ ns 遅延させた M_1 の信号が到達するまでの時間(t)を計測した。また、ToF-ERD 法だけでなくラザフォード後方散乱(RBS : Rutherford Backscattering Spectrometry)法も利用して、入射方向に対して 135° 後方に散乱された Cu^{10+} イオンのエネルギーとその個数を SSD で検出することで、試料中の構成元素の分析および Cu^{10+} イオン照射量の評価も行った。

次に、ポテンショスタット装置を用いた電気化学測定により、室温および真空中において Au/LiCo₂/LATP/Pt 試料の Au 側に 1.8 V の電圧を 15 分間印加し、引き続き 2.3 V を 15 分間、さらに 2.8 V を 15 分間印加した。電流値は電圧を印加した直後に急激に増加した後、その後徐々に減少してほぼ一定の値に到達した。この結果は、LiCo₂ 中の Li⁺ イオンが電位勾配により LATP/Pt 界面近傍へ駆動されて平衡状態に達したことを示す。電流値の合計が電圧印加により正極から負極へ移動した Li の個数(n_{Li})を表す。 n_{Li} の値は、印加電圧の増加とともに減少した。これは、LiCo₂ の中で移動可能な Li の個数が決まっていることを表す。

次に、1.8、2.3 および 2.8 V の各印加電圧において平衡状態に達した後に Au/LiCo₂/LATP/Pt 試料の開回路電圧(OCV : Open Circuit Voltage)における時間変化を測定した。約 60 秒後に得られた OCV 値はそれぞれ 1.71、1.89 および 2.04 V であり、これらの値を 1.8、2.3 および 2.8 V の各電圧で 15 分間の充電後に試料内に発生した電位差の値であると評価した。測定後、 Cu^{10+} イオンが照射されていない場所に試料を動かしてから ToF-ERD 測定を行い、各充電前後における Au/LiCo₂/LATP 正極側および Pt/LATP 負極側の Li 濃度の変化をその場で調べた。

4 . 研究成果

Au/LiCo₂/LATP 正極側の Li_xCoO₂ 中の Li 濃度($x = 1.00$)は印加電圧の増加とともに減少するが、約 1.8 V 以上まで充電すると、Au 側で約 74 at% ($x = 0.26$)、LATP 側で約 48 at% ($x = 0.52$) まで減少し、濃度勾配が生じることが判明された。また、LiCo₂/LATP 界面から深さ約 150 ± 10 nm の領域における LATP(Li_xAl_{0.4}Ge_{0.7}Ti_{0.9}P₃O₁₂)中の Li 濃度($x = 1.40$)も約 13 at% ($x = 1.21$)減少した。この Li 濃度欠損は、LiCo₂ 中の濃度勾配形成に依存すると考えられる。このとき、Pt/LATP 負極側の界面から深さ約 240 ± 10 nm の領域における LATP 中の Li 濃度が増加し、Pt/LATP 界面近傍の Li 濃度が最大約 2.65 倍($x = 3.71$)に達することがわかった。従って、ToF-ERD 法を用いることで、LiCo₂ 正極中の Li⁺ イオンが電位勾配により LATP 中の負極側へ駆動されて流されることをその場で観測し、充電時における Li⁺ イオン電池中の Li⁺ イオン移動量を約数十 nm の深さ分解能で定量的に評価することを可能とした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 18件）

1. 著者名 Kodera Taku, Tsuchiya Bun, Takahiro Katsumi, Hosoda Akifumi	4. 巻 949
2. 論文標題 Behaviors of H, D, and Li in water-soaked LATP solid electrolytes at room temperature	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 169774(1~6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2023.169774	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Tsuchiya B., Kodera T., Miyaoaka H., Ichikawa T., Kojima Y.	4. 巻 48
2. 論文標題 Thermal desorption processes of H ₂ and CH ₄ from Li ₂ ZrO ₃ and Li ₄ SiO ₄ materials absorbed H ₂ O and CO ₂ in air at room temperature	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Hydrogen Energy	6. 最初と最後の頁 8830 ~ 8836
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2022.11.217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kodera Taku, Tsuchiya Bun, Kato Ryo, Usami Taiki, Takahiro Katsumi	4. 巻 20
2. 論文標題 Hydrogen Absorption in Near Surface of Lithium-ion Conductive Glass Ceramics by Water Uptake at Room Temperature	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 237 ~ 242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/ejssnt.2022-045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 土屋 文、宇佐見 太毅、加藤 僚、鈴木 耕拓、佐々木 知子	4. 巻 2021.1
2. 論文標題 飛行時間型反跳粒子検出法を用いたリチウム電池内のリチウムイオン移動その場観察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 応用物理学会 放射線分科会 (The Japan Society of Applied Physics, Ionizing Radiation Division)	6. 最初と最後の頁 2 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11470/jsapmeeting.2021.1.0_38	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mathayan Vairavel, Morita Kenji, Tsuchiya Bun, Ye Rongbin, Baba Mamoru, Moro Marcos V., Primetzhofer Daniel	4. 巻 130
2. 論文標題 Assessing the potential of ion beam analytical techniques for depth profiling Li in thin film Li ion batteries	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 125306(1~8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0055963	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Mathayan Vairavel, Morita Kenji, Tsuchiya Bun, Ye Rongbin, Baba Mamoru, Primetzhofer Daniel	4. 巻 21
2. 論文標題 Sensitive in-operando observation of Li and O transport in thin-film Li-ion batteries	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Today Energy	6. 最初と最後の頁 100844(1~9)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mtener.2021.100844	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Morita K., Tsuchiya B., Ye R., Tsuchida H., Majima T.	4. 巻 370
2. 論文標題 Dynamic behavior of Li depth profiles in solid state Li ion battery under charging and discharging by means of ERD and RBS techniques	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solid State Ionics	6. 最初と最後の頁 115730(1~7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssi.2021.115730	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Morita K., Tsuchiya B., Ye R., Tsuchida H., Majima T.	4. 巻 479
2. 論文標題 In-situ total Li depth profiling of solid state Li ion batteries under charging and discharging by means of transmission elastic recoil detection analysis with 5MeV He ²⁺ ions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 249~253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2020.07.018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mathayan Vairavel, Moro Marcos V., Morita Kenji, Tsuchiya Bun, Ye Rongbin, Baba Mamoru, Primetzhofe Daniel	4. 巻 117
2. 論文標題 In-operando observation of Li depth distribution and Li transport in thin film Li ion batteries	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 023902(1~5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0014761	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Suzuki K., Tsuchiya B., Yasuda K., Nakata Y.	4. 巻 478
2. 論文標題 Light element analysis of ceramics using in-air ERDA and TOF-ERDA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 169~173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2020.06.024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Morita K., Tsuchiya B., Tsuchida H., Majima T.	4. 巻 344
2. 論文標題 Li depth profiles of metal/Li-electrolyte/metal capacitors under biasing studied by means of MeV ion beam analysis techniques	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Solid State Ionics	6. 最初と最後の頁 115085(1~5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssi.2019.115085	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Morita K., Tsuchiya B., Tsuchida H., Majima T.	4. 巻 344
2. 論文標題 Change in Li depth profiles of Au/LCO/mixed LATP-LAGP/Pt battery under discharging studied by ion beam analysis techniques with 9MeV O ⁴⁺ ions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Solid State Ionics	6. 最初と最後の頁 115135(1~5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssi.2019.115135	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsuchiya Bun, Ohnishi Junji, Sasaki Yoshitaka, Yamamoto Takayuki, Yamamoto Yuta, Motoyama Muneказu, Iriyama Yasutoshi, Morita Kenji	4. 巻 6
2. 論文標題 In Situ Direct Lithium Distribution Analysis Around Interfaces in an All Solid State Rechargeable Lithium Battery by Combined Ion Beam Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Materials Interfaces	6. 最初と最後の頁 1900100(1~7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/admi.201900100	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Morita K., Tsuchiya B., Oonishi J., Mitsukuchi N., Yamamoto T., Iriyama Y., Tsuchida H., Majima T.	4. 巻 437
2. 論文標題 High resolution in situ Li depth profiling of thin films stacked Li ion batteries under charging conditions by means of TERD and RBS techniques with 5MeV He ²⁺ ion beam	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 8~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2018.09.043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Morita K., Tsuchiya B., Ohnishi J., Yamamoto T., Iriyama Y., Tsuchida H., Majima T., Suzuki K.	4. 巻 426
2. 論文標題 High resolution Li depth profiling of solid state Li ion battery by TERD technique with high energy light ions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 30~33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2018.04.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsuchiya B., Nagata S., Mizoguchi Y., Takagi Y., Ito M., Oya Y., Okuno K., Morita K.	4. 巻 148
2. 論文標題 Dependence of hydrogen-absorption and -desorption characteristics on density of lithium/zirconium oxides exposed in air at room temperature	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 185~192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2018.01.030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsuchiya B., Nagata S., Sugiyama T., Tokunaga K.	4. 巻 42
2. 論文標題 Effects of ion irradiation on H2O and CO2 absorption and desorption characteristics of Li2ZrO3 and Pt-coated Li2ZrO3	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Hydrogen Energy	6. 最初と最後の頁 23746 ~ 23750
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2017.04.220	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 TSUCHIYA Bun	4. 巻 38
2. 論文標題 反跳粒子検出法による全固体リチウムイオン二次電池内の軽元素の動的解析(Dynamic Analysis of Light Elements in All-solid-state Lithium Ion Secondary Batteries by Elastic Recoil Detection Technique)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本表面科学会(Journal of The Surface Science Society of Japan)	6. 最初と最後の頁 182 ~ 187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/jsssj.38.182	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計31件(うち招待講演 10件/うち国際学会 16件)

1. 発表者名 土屋文、小寺拓、鈴木耕拓、佐々木知子
2. 発表標題 イオンビーム分析法を用いた電極/固体電解質界面のリチウム濃度分布その場測定
3. 学会等名 応用物理学会 春の大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, T. Kodera, K. Suzuki and T. Sasaki
2. 発表標題 In-situ Measurement of Lithium Transfer at Electrode/Solid Electrolyte Interfaces in All-solid-state Batteries Under Charging and Discharging by ToF-ERD Technique
3. 学会等名 IC on Materials Science, Engineering & Technology '22 (ICMSET '22) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Kodera, B. Tsuchiya, K. Suzuki and T. Sasaki
2. 発表標題 Absorption Process of Hydrogen Isotopes in Solid Electrolyte Materials by Water Splitting
3. 学会等名 IC on Materials Science, Engineering & Technology '22 (ICMSET '22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, T. Kodera, T. Sasaki, and K. Suzuki
2. 発表標題 In-situ Hydrogen Distribution Analysis in LiCoO ₂ by Water Uptake at Room Temperature Using Elastic Recoil Detection in Air Atmosphere
3. 学会等名 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会 イオンビームによる表面・界面の解析と改質 特別研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Kodera, B. Tsuchiya, T. Sasaki, and K. Suzuki
2. 発表標題 Hydrogen and Lithium Measurements in Near Surface of Water-soaked LATP Solid Electrolytes Using Elastic Recoil Detection Techniques
3. 学会等名 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会 イオンビームによる表面・界面の解析と改質 特別研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, T. Kodera, T. Sasaki, S. Yamamoto, and K. Takahiro
2. 発表標題 Dynamic Behaviors of Lithium and Hydrogen at Electrode/Solid Electrolyte Interfaces Using Elastic Recoil Detection Techniques
3. 学会等名 14th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '22 (ALC '22) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, T. Kodera, and K. Suzuki
2. 発表標題 Absorption and Desorption Processes of H in LiCoO ₂ by H ₂ O Splitting at Room Temperature
3. 学会等名 14th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '22 (ALC ' 22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Kodera, R. Kato, T. Usami and B. Tsuchiya
2. 発表標題 Behaviors of Hydrogen and Lithium in Near Surface of Lithium-ion Conductive Glass-ceramics by Water Uptake at Room Temperature
3. 学会等名 14th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '22(ALC ' 22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土屋文、小寺拓、鈴木耕拓、佐々木知子
2. 発表標題 常温水分解によるコバルト酸リチウムの水素吸収特性
3. 学会等名 日本金属学会 秋の大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小寺拓、加藤僚、宇佐見太毅、土屋文、鈴木耕拓、佐々木知子
2. 発表標題 室温において水浸漬されたリチウムイオン伝導性ガラスセラミックスの水素およびリチウム挙動
3. 学会等名 日本金属学会 秋の大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小寺拓、加藤僚、宇佐見太毅、土屋文、鈴木耕拓、佐々木知子
2. 発表標題 電圧印加されたリチウムイオン伝導性ガラスセラミックス中のリチウムイオン移動機構
3. 学会等名 日本金属学会 春の大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土屋文、宇佐見太毅、加藤僚、鈴木耕拓、佐々木知子
2. 発表標題 充電時における正負極/固体電解質界面のリチウムイオン移動機構
3. 学会等名 第47回固体イオニクス討論会 講演番号 1A-09 (口頭講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, T. Usami, R. Kato, T. Kodera, T. Sasaki and K. Morita
2. 発表標題 Dynamics of Lithium Around Electrode/Solid Electrolyte Interface in All-solid-state Batteries Under Charging and Discharging by Ion Beam Analysis
3. 学会等名 2nd Advanced Materials Science World Congress 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Usami, R. Kato, T. Kodera, T. Sasaki and B. Tsuchiya
2. 発表標題 Dynamics of Lithium Around Electrode/Solid Electrolyte Interface in All-solid-state Batteries Under Charging and Discharging by Ion Beam Analysis
3. 学会等名 Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices'21 (ALC '21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. Kato, T. Usami, T. Kodera, K. Suzuki and B. Tsuchiya
2. 発表標題 Hydrogen Storage in LiCoO ₂ by H ₂ O Splitting at Room Temperature
3. 学会等名 Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices'21 (ALC ' 21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Kodera, R. Kato, T. Usami and B. Tsuchiya
2. 発表標題 Hydrogen Absorption Process in Near Surface of Lithium-ion Conductive Glass-ceramics by Water Uptake at Room Temperature
3. 学会等名 Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices'21 (ALC ' 21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土屋文
2. 発表標題 飛行時間型反跳粒子検出法を用いたリチウム電池内のリチウムイオン移動その場観察
3. 学会等名 応用物理学会 春季大会 シンポジウム(口頭講演) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Usami, R. Kato, B. Tsuchiya, T. Sasaki
2. 発表標題 In-situ Direct Measurement of Lithium Transfer at Interface between LiCoO ₂ Positive Electrode and LATP Solid Electrolyte by Ion Beam Analysis
3. 学会等名 イオンビームによる表面・界面の解析と改質 特別研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宇佐見太毅、加藤僚、土屋文、佐々木知子
2. 発表標題 反跳粒子検出法を用いたLiCoO ₂ 正極/LATP固体電解質界面におけるLi+イオン移動量その場測定
3. 学会等名 日本金属学会 秋期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, T. Usami, R. Kato, S. Iwane, S. Yamamoto, K. Takahiro, Y. Sasaki, T. Majima, H. Tsuchida and K. Morita
2. 発表標題 Dynamic Behavior of Lithium Ions in All-solid-state Batteries with Charging and Discharging Using Ion Beam Analysis
3. 学会等名 23rd International Workshop on Inelastic Ion-Surface Collisions (IISC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土屋文
2. 発表標題 イオンビーム分析手法を用いた全固体リチウムイオン二次電池内の正極/固体電解質界面近傍におけるリチウムイオン移動その場解析
3. 学会等名 京都アカデミアフォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, T. Usami, S. Yamamoto and K. Takahiro
2. 発表標題 Dynamic Analysis of Lithium and Hydrogen Migrations at Au/LiCoO ₂ , LiCoO ₂ /LATP, LATP/Pt Interfaces in All-solid-state Batteries with Charging by Elastic Recoil Detection Technique
3. 学会等名 4th International Symposium on Materials for Energy Storage and Conversion (mESC-IS 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, S. Iwane, T. Sugiyama, H. Miyaoka, T. Ichikawa and Y. Kojima
2. 発表標題 Density Dependence in Hydrogen-storage Characteristic of Lithium-rich Zirconium Oxides
3. 学会等名 4th International Symposium on Materials for Energy Storage and Conversion (mESC-IS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, R. Kato, S. Yamamoto and K. Takahiro
2. 発表標題 Thermal Behavior of Lithium and Hydrogen in LiCoO ₂ Positive Electrode and LAMP Electrolyte at Charging Process
3. 学会等名 4th International Symposium on Materials for Energy Storage and Conversion (mESC-IS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土屋文、杉山知子、大矢恭久、奥野健二、宮岡裕樹、小島由継、市川貴之、徳永和俊
2. 発表標題 リチウム - ジルコニウム酸化物セラミックスの常温水分解・水素吸蔵特性
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土屋文、山本春也、高廣克己
2. 発表標題 反跳粒子検出法を用いた全固体リチウムイオン二次電池内のリチウム移動その場測定
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, T. Yamamoto, K. Ohsawa and M. Yamawaki
2. 発表標題 Defect Formation Energies Due to Hydrogen-dopants on Interstitial Sites in Uranium Intermetallic Compounds
3. 学会等名 The 2018 Energy Material Nanotechnology (EMN) Meeting on Computation and Theory (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, S. Yamaguchi, H. Miyaoka, T. Ichikawa and Y. Kojima
2. 発表標題 Dependence of Hydrogen-storage and -release on Density of Oxide Ceramics Exposed in Air at Room Temperature
3. 学会等名 The International Conference on Processing and Manufacturing of Advanced Materials (THERMEC-2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土屋文
2. 発表標題 ERDAによるリチウムの動的挙動の研究
3. 学会等名 日本物理学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 B. Tsuchiya, S. Yamamoto, K. Takahiro and S. Nagata
2. 発表標題 Dynamic Behavior Analysis of Hydrogen and Lithium in All-solid- state Li+ Ion Secondary Batteries under Charging Using Elastic Recoil Detection
3. 学会等名 21th Int. Conf. on Secondary Ion Mass Spectrometry (ICSIMS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 土屋文、高廣克己、山本春也
2. 発表標題 加熱された全固体リチウムイオン二次電池中のリチウムイオン伝導挙動
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 土屋文	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 7
3. 書名 「リチウム分析」、第8章 リチウムイオン電池の分析、解析と評価技術、第2節 全固体リチウムイオン電池の充電時におけるリチウムイオン移動機構	

1. 著者名 森田健治、土屋文	4. 発行年 2017年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 9
3. 書名 「全固体電池のイオン伝導性向上技術と材料、製造プロセスの開発」、第11章 全固体電池、材料の分析・解析技術、4節 金属/Li電解質/金属キャパシタの電圧印加によるLi濃度分布変化のMeV重イオンビームその場・解析	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関