

報道資料

令和2年10月26日

報道機関各位

長岡技術科学大学

## レーザーによる酸化物全固体電池の創製

### 本研究成果のポイント

レーザーによるガラスの局所加熱を酸化物全固体電池に展開しました。  
活物質と固体電解質を位置選択的かつ瞬間的に接合可能であることを実証しました。  
全固体電池の内部抵抗の低減に有効で、複雑な構成の電池開発に役立つプロセスです。

### I. 研究の概要

リチウムイオン電池の次世代電池として期待されている全固体電池の製造において、酸化物系材料を用いた電池の開発では界面抵抗の低減が課題になっています。当研究グループで進めてきたガラスのレーザーによる局所加熱のプロセスが、酸化物系全固体電池における界面構築に有効であることを実証しました。本手法により高性能な酸化物系全固体電池の構築が期待されます。

### II. 研究の背景

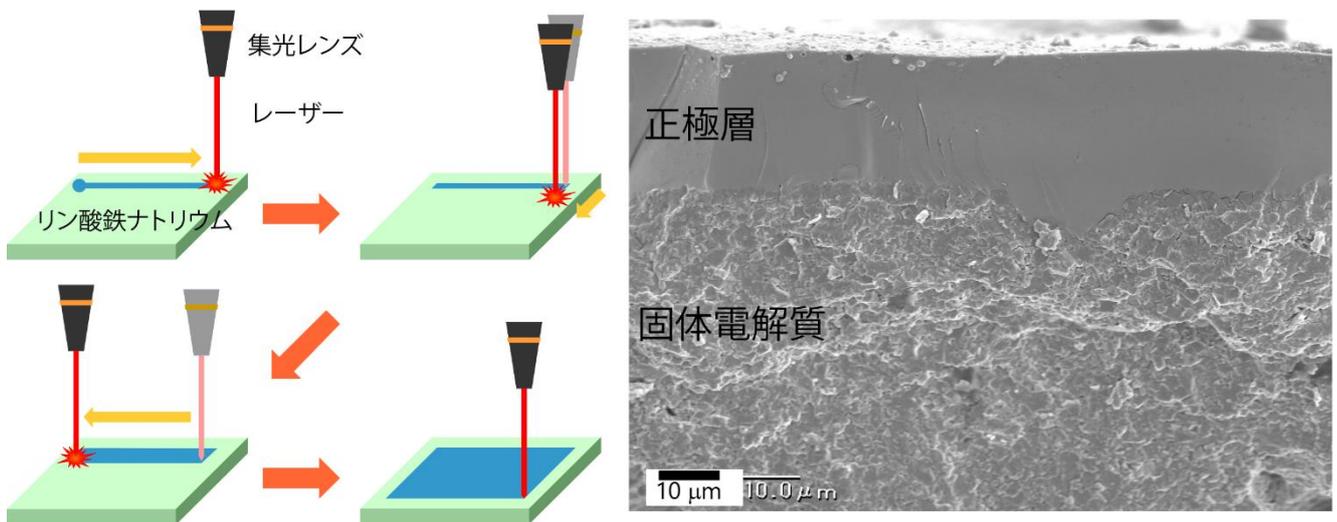
リチウムイオン電池は軽量でコンパクトな蓄電デバイスとして今日では様々な製品に搭載されています。より大型で安全な電池が必要とされ、リチウムイオン電池に続く次世代の電池として全固体電池が期待されています。全固体電池には、使用している材料で硫化物系と酸化物系に大別されますが、酸化物系の材料は主にセラミックスでできているため、部材を密着させるためには高温での熱処理が不可欠となります。しかしながら、多くの異種材料から構成される全固体電池では、部材間の熱物性を適合させることは困難で、そのため熱処理の条件が制限され、電池の内部抵抗の低減には課題があります。

### III. 研究の成果

ガラスを加熱すると、やがては安定な固体である結晶に変化しますが、その前段階ではガラスは軟化し、液体を形成します。当研究グループではガラスの熱処理による結晶化を研究しており、結晶化させたガラス試料（結晶化ガラス）からなる酸化物系全固体電池の創製に成功しています。

当研究グループでは、レーザーを用いたガラスの結晶化を長年研究してきました。レーザー光をガラスに照射すると、レーザー光を吸収するイオンが無輻射緩和により発熱し、照射した部分のみが結晶化あるいは熔融します。この手法をナトリウムイオン電池の正極活物質であるリン酸鉄ナトリウムに適用しました。一般的な電気炉による手法では数時間から週十時間の熱処理が必要で、試料全体が加熱されるので熱処理を必要としない材料も再加熱されることから特性の劣化を招く恐れがあります。一方、レーザー光照射による加熱では、レーザー光を吸収する材料が優先的に加熱されます。またレンズ等を用いれば高精度で位置選択的な加工が可能です。本研究ではレーザー照射の瞬間、ガラスに存在する鉄イオンがヒーター

の役割を果たし、リン酸鉄ナトリウムは急加熱によって液相を形成し、レーザー光が遮断されると急冷によってガラス状態になることを発見し、固体電解質と正極活物質を短時間で接合することに成功しました。本手法では正極活物質のみが優先的に加熱されることから固体電解質との反応を抑制でき、精密なマイクロパターンを形成できます。また装置の構成が単純であることもメリットの一つです。



本研究で行った実験の概略と、接合した正極と固体電解質の電子顕微鏡像

#### IV. 今後の展開

これまで電気炉による熱処理では困難であった固体電解質との短時間での接合が可能で汎用的な近赤外レーザーで十分対応できます。部材間の熱物性の違いに縛られることなく固体電解質と活物質を組み合わせ可能で、さらなる高性能な全固体電池および新材料の開発に弾みがつくと期待されます。

#### V. 研究成果の公表

論文のタイトル： Laser - induced modification and external pressureless joining  $\text{Na}_2\text{FeP}_2\text{O}_7$  on solid electrolyte

著者： Masafumi Hiratsuka (エネルギー・環境工学専攻 博士課程1年 群馬高専出身), Tsuyoshi Honma, Takayuki Komatsu

雑誌名： International Journal of Ceramic Engineering and Science

リンク： <https://doi.org/10.1002/ces2.10072>

#### VI. 用語解説

全固体電池： 電池の部材である活物質、電解質がすべて固体から構成される電池で、積層化によるエネルギー密度の向上と、安全性の観点から現行のリチウムイオン電池に続く次世代蓄電デバイスとして期待されています。主に硫化物系と酸化物系に大別され、硫化物系は電気伝導の高さから実用化が近いとされているものの、毒性の高い硫化水素の発生が課題です。一方、酸化物系は無毒であり安全性が高いのが特徴ですが、粒子間の界面を密着させるには高温での熱処理（焼結）が必要で、異種材料から構成される全固体電池は部材間での反応が進行してしまうことから、抵抗の低減に課題があります。

ナトリウムイオン電池：リチウムはレアメタルであり、レアメタルに依存しない電池開発も進められています。リチウムと物性が似ている元素としてナトリウム、カリウムがあり、これらは豊富に埋蔵されています。ナトリウムを使ったナトリウムイオン電池は安定な原材料供給、材料コストの低減に資する電池として期待されており、ナトリウムイオン電池の全固体化も進められています。

結晶化ガラス：ガラスは構成する原子が不規則に配置した構造をとっています。つまり液体と同じ原子配列をもった固体物質であり、ガラスを加熱すると次第に液体の物性が連続的に表れてきます。やがては原子が規則的に配列した結晶固体に変化します。ガラスの再結晶化を利用して作製された材料を結晶化ガラスといい、様々な製品が開発されています。

無輻射緩和：材料に光を照射する場合、同じエネルギー状態に吸収するイオンが存在すると、入力した光が光として変換される輻射緩和と呼ばれる現象と、入力した光が構成原子の振動エネルギーつまり熱に変換される（無輻射緩和）場合があります。輻射緩和は蛍光として確認することができ、無輻射緩和は発熱として確認できます。論文で用いたリン酸鉄ナトリウム中の鉄イオンはレーザー光の波長に強い吸収を持ち、無輻射緩和しやすいエネルギー状態を持つため効率よく加熱されます。

#### 【本件問い合わせ先】

長岡技術科学大学

物質材料工学専攻 准教授 本間剛

E-mail: honma@mst.nagaokaut.ac.jp

#### 【取材申し込み先】

長岡技術科学大学総務部大学戦略課企画・広報室

Email: skoho@jcom.nagaokaut.ac.jp

TEL: 0258-47-9209

FAX: 0258-47-9010