酸化物エレクトロニクス技術と全固体 Li 電池研究の交差点 - 固体電解質と電極材料間の界面抵抗低減を実例として -

Introducing oxide electronics into solid-state battery research

東工大 ○杉 太郎

Tokyo Tech. ○Taro Hitosugi

E-mail: hitosugi.t.aa@m.titech.ac.jp

今、全固体 Li 電池に関心が集まっています。ガソリンを燃料とした自動車から電気自動車へのシフトが鮮明になり、全固体 Li 電池への期待は高まる一方です。

「電池」というと応用物理の守備範囲外と感じる方も多いのではないのでしょうか。かく言う私も、そう思っていました。しかし、共同研究を契機として電池研究を始めると、応用物理学会が果たすべき役割は非常に多いと実感しています。全固体 Li 電池は酸化物や硫化物などの固体材料から成ります。したがって、**応用物理学会が得意とする固体物理の考え方を全固体 Li 電池研究に注入すれば、学問と実用の両面において、大きな進展が期待できます。**

そこで本講演ではまず、全固体 Li 電池の開発動向を述べ、最大の開発要素を三つ提示します。それは 1) 固体電解質の**イオン伝導性**向上、2) 固体電解質と固体電解質間、あるいは、固体電解質と電極材料間における**界面抵抗**、そして 3) **大量生産プロセス開発**です。

上記三つの開発要素のうち、特に我々が取り組んでいる課題は、2)の固体電解質と電極材料が形成する界面における抵抗の低減です。この界面抵抗低減が実用化に向けて解決しなければならない課題ですが、我々の研究以前には、「界面抵抗が実際に十分下げられるのか?」という問いに対して、明解な回答はありませんでした。

この課題にアプローチするために、我々は酸化物エレクトロニクス領域で培われてきた**酸化物薄膜エピタキシャル成長技術**を活用しています。「構造を規定」した界面を有する**モデル薄膜電池**を作り、各種物理的手法を用いて研究を進めています。実際の全固体 Li 電池では固体電解質や電極材料は粉末材料を焼結したものであり、Li イオンの拡散経路、あるいは、電池反応に寄与する面積・体積もわからず、定量的な研究は難しいのが実情です。

モデル電池により、 Li_3PO_4 固体電解質/ LiCoO_2 (正極)界面、そして、 Li_3PO_4 固体電解質/ $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 電極界面において、**極めて低い界面抵抗**($\sim 5 \Omega\text{cm}^2$)を実現しました(Nano Lett. (2015))。これは液体電解質を用いた電池のそれよりも低く、全固体 Li 電池の将来性の高さを示します。

最近では、半導体物理の知見を電池に導入することを試みています。界面における Li イオンの分布や、電子・イオン間の相互作用に興味を持っており、今後、酸化物エレクトロニクス技術と全固体 Li 電池研究の交差点から様々な道が切り拓かれることを期待しています。

本研究は、FIRST プログラム、NEDO、トヨタ自動車、JST-ALCA、JST-CREST、JST さきがけ、科研費などの支援を受けて実施されました。