

固体イオニクス現象を利用する 機能性デバイスの開発と動作機構の解明

Novel Functionality and the Mechanism of Solid State Ionic Devices

物材機構, °土屋敬志, 寺部一弥

NIMS, °Takashi Tsuchiya, Kazuya Terabe

E-mail: TSUCHIYA.Takashi@nims.go.jp

私たちは固体電解質と電子伝導体、あるいは電子・イオン混合伝導体との界面近傍で起こる高密度の電荷蓄積現象(イオニクス現象)を利用して、他の手法では得られない高性能を、特に電気情報分野で実現する機能性デバイスの開発を目指して研究を進めている。例えば、近年スピントロニクス応用に向けて注目される強磁性材料であると同時に、イオン・電子混合伝導性を示しリチウム二次電池の正極材料としても知られる Fe_3O_4 に注目し、 Li^+ の脱挿入による酸化還元反応を利用して磁気異方性の制御を試みた[1]。面内に磁化容易軸を持つ $\text{Fe}_3\text{O}_4(110)$ 薄膜と Li^+ 伝導性 Li-Zr-Si-O(LZSO) 薄膜を利用した酸化還元トランジスタを図 1 (a) に示す。種々のゲート電圧を印加して Fe_3O_4 薄膜中の電子キャリア密度を制御し、ホール抵抗を用いて測定した磁気異方性の極図を図 1 (b) に示す。2 V の範囲で電圧を制御することによって、磁化方向を最大 56 度もの回転が得られた。また、酸化還元反応と同様に高密度電荷蓄積手法として注目される電気二重層効果について、ダイヤモンド単結晶と LZSO 薄膜を用いるトランジスタを利用し固体電解質の伝導度がイオンダイナミクスに及ぼす影響を調査した[2]。図 2 (a) に示すように、ゲート電圧パルスに対するドレイン電流の応答(時定数)は温度に依存し、その活性化エネルギーは伝導度とよく一致した[図 2 (b)]。室温付近での電圧揺動に対するイオンブロッキング電極/ Li^+ 固体電解質界面近傍における Li^+ 濃度変化は、液体電解質同様に 1 秒以内の比較的短時間で定常に達することが示唆された。

【参考文献】

[1] W. Namiki, T. Tsuchiya, M. Takayanagi, T. Higuchi, K. Terabe, ACS Nano. 14, 16065(2020).

[2] T. Tsuchiya, M. Takayanagi, K. Mitsuishi, T. Higuchi, K. Terabe et al. submitted

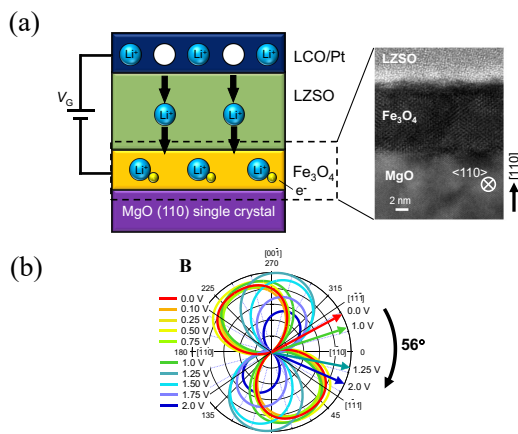


Fig. 1. All-solid-state redox device for magnetic anisotropy tuning

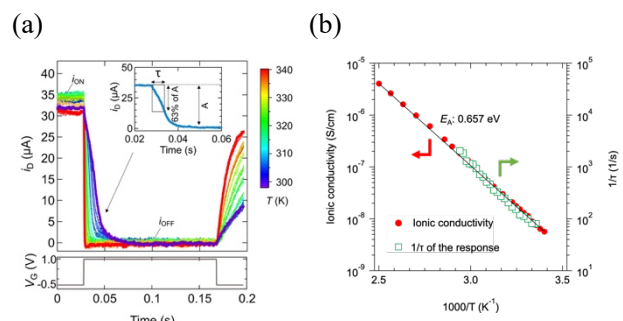


Fig. 2. Pulse response of all-solid-state electric double layer transistor