

半導体を用いた全固体電池の作製と充放電特性の評価

Fabrication of solid-state secondary battery using semiconductors and evaluation of its charge/discharge characteristics

東芝マテリアル(株)¹, (株)東芝², ジオマテック(株)³, 東京工科大学⁴, コンサルタント⁵

○佐々木 敦也¹, 佐々木 亮人¹, 平林 英明¹, 齋藤 秀一¹, 青木 克明¹,

藪原 秀彦², 伊東 孝洋³, 高木 茂行⁴, 片岡 好則⁵, 鈴木 幸治⁵

Toshiba Materials Co., Ltd.¹, Toshiba Corp.², Geomatec Co., Ltd.³, Tokyo Univ. of Tech.⁴, Consultant.⁵,

○Atsuya Sasaki¹, Akito Sasaki¹, Hideaki Hirabayashi¹, Shuichi Saito¹, Katsuaki Aoki¹,

Hidehiko Yabuhara², Takahiro Ito³, Shigeyuki Takagi⁴, Yoshinori Kataoka⁵, Koji Suzuki⁵

E-mail: atsuya.sasaki@toshiba.co.jp

【背景と目的】 二次電池の市場は急速に成長しているが、電解液を用いたリチウムイオン電池は発火の危険性を回避できていない。近年、半導体の捕獲準位にキャリアを蓄積する全固体電池が提案されている[1, 2]。しかしながら、詳細な充放電特性の報告はされていない。本研究では、酸化チタン、酸化ニッケルを用いた新たな半導体電池を作製し、充放電特性の評価を試みた。

【実験方法】 スパッタ法で TiO_x(300nm)/SiN_x(300nm)/NiO_x(300nm)の構造を有する半導体電池を試作した (Fig. 1)。スパッタ時の酸素分圧を制御し、TiO_xに O 欠損、NiO_xに Ni 欠損による捕獲準位を導入している。評価は始めに、定電流(5×10⁻²mA)による 60 秒間の充電と、定電流(-5×10⁻³mA)による 0V 終止の定電流放電を、連続して 2 サイクル測定した。さらに、定電流(5×10⁻²mA)による 60 秒間の充電直後に 100kΩ の抵抗を接続し、0.01V 終止の定負荷放電を測定した。

【実験結果と考察】 Fig. 2 に定電流充放電の測定結果を示す。2 サイクルともに放電時の電池電圧が一定時間維持され、二次電池としての動作が確認されている。さらに Fig. 3 に示すように、定負荷放電においても放電容量が得られ、放電曲線から、積算容量 0.49mAh/cm³ (TiO_x/SiN_x/NiO_xの体積 6.6×10⁻⁴cm³ を使用)、キャリア蓄積量 7.3×10¹⁵ と見積もられた。ここで、LCR メータにより測定した SiN_x 単膜の比誘電率は 7.3 であり、金属/SiN_x(300nm)/金属の並行平板キャパシタ (面積 6.5cm²) を仮定した場合、キャリア蓄積量の理論値は 1.4×10¹² と計算される。これより、試作した半導体電池は並行平板キャパシタ構造と比較して、5000 倍以上のキャリア量を蓄積していたことが確認された。

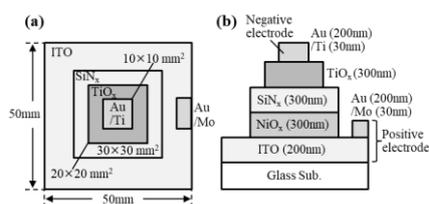


Fig. 1: Film structure of the fabricated semiconductor battery: (a) top view, (b) side view.

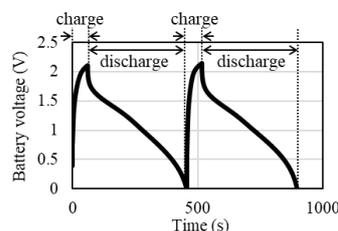


Fig. 2: Dependence of battery voltage on time during constant-current charge and discharge.

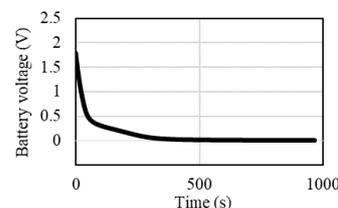


Fig. 3: Dependence of battery voltage on time during discharge with resistance load (100 kΩ).

【参考文献】

[1] A. Nakazawa, Japan Patent 5508542 (2014).

[2] F. Utsuno, J. Maruyama, H. Tokailin, Y. Ishihara, and H. Kajiyama, Japan Patent Publication Number 14128 (2016).

【謝辞】 本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度の支援を受けたものである。また本内容は、JJAP に出版準備中である。