

「超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製」  
平成 27 年度採択研究代表者

H27 年度  
実績報告書

一杉 太郎

東京工業大学大学院理工学研究科  
教授

界面超空間制御による超高効率電子デバイスの創製

## § 1. 研究実施体制

### (1)「一杉(東工大)」グループ

- ① 研究代表者:一杉 太郎 (東京工業大学 大学院理工学研究科、教授)
- ② 研究項目
  - ・微小極限における電気化学の妥当性の検証

### (2)「一杉(東北大学)」グループ

- ① 研究代表者:一杉 太郎 (東北大学 原子分子材料科学高等研究機構、客員教授)
- ② 研究項目
  - ・新電子デバイスの実用化に向けた研究、動作原理の検証

### (3)「渡邊」グループ

- ① 主たる共同研究者:渡邊 聡 (東京大学 大学院工学系研究科、教授)
- ② 研究項目
  - ・第一原理計算による、電圧記憶不揮発性メモリの動作原理解明と材料最適化
  - ・量子力学に基づくナノ固体電気化学の構築

## § 2. 研究実施の概要

情報化社会のさらなる発展に向けて、低消費電力、超高速動作、そして、超高集積を特徴とする不揮発性メモリ素子の実現が強く望まれており、巨大マーケットの制覇を狙って精力的な研究が世界中で展開されている。

以上の背景の中、我々の研究グループでは、「電圧を記憶する不揮発性メモリ」の動作原理の確認に昨年成功した。従来の不揮発性メモリはすべて抵抗変化または電荷記憶型であった。したがって、それらとは根本的に異なる原理を有する点で極めて独創的である。

本研究では本メモリの実用化に向け、動作原理の解明、記憶保持時間の長時間化、そして書き込み時間(消費電力)の低減に取り組む。その研究の過程は、「マクロな電気化学の理論体系が、ナノ領域(界面超空間)の極限で適用できるのか」を探る研究と一致することから、実験(一杉グループ)と理論(渡邊グループ)が密接に協力し、「量子力学に基づく原子レベル固体電気化学の体系化」を行う。

具体的には、Li イオンが固体中で移動する固体電解質を、異種金属電極で挟む構造を作製する。この薄膜積層構造の電極間に所定の電流を流すと、その積層構造がメモリ素子として働き、電圧記憶動作することを見出した(図1)。極めて小さな電荷量で記憶電圧の制御を行うことができることから、省電力・不揮発メモリデバイスとなることが期待される。

平成 27 年度は、Li/固体電解質  $\text{Li}_3\text{PO}_4/\text{Au}$  の縦型積層デバイスを作製してその動作を検証した。今回、 $\text{Li}_3\text{PO}_4$  をスパッタ法とパルスレーザー堆積法の両方で作製し、デバイス性能を比較した。その結果、両方で差が無く、作製法に依存しないことがわかった。これは実用化にむけて良い情報である。そして、第一原理計算による、電極近傍の電子状態評価もスタートした。

さらに、動作原理の解明に向けて、固体電解質内部の Li イオン分布について明らかにする研究を進めている。特に、ラザフォード後方散乱や核反応分析法、中性子反射率法等の手法を複合的に用いて解析を行っていく予定である。

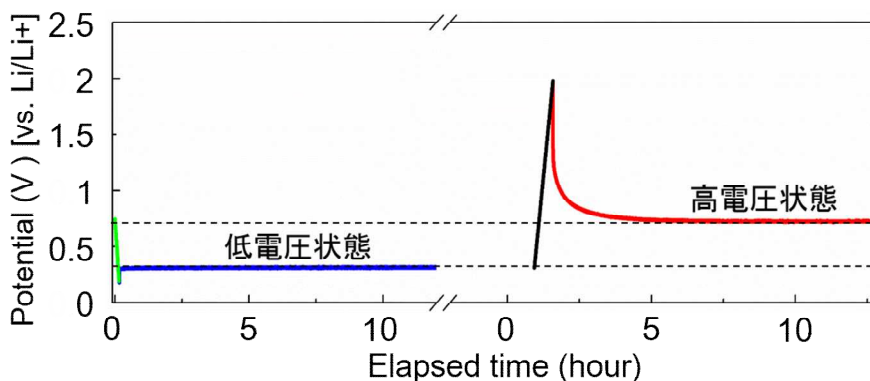


図 1 新開発メモリ素子の動作検証結果。0.18 V を印加すると低電圧状態に、2 V を印加すると高電圧状態に遷移する。