

一般研究B(2022年度)

「2元系アモルファス酸化物における非線形伝導現象発生時のイオン移動解析」

研究代表者：福地 厚（北海道大学 情報科学研究院）

共同研究対応教員：片瀬 貴義

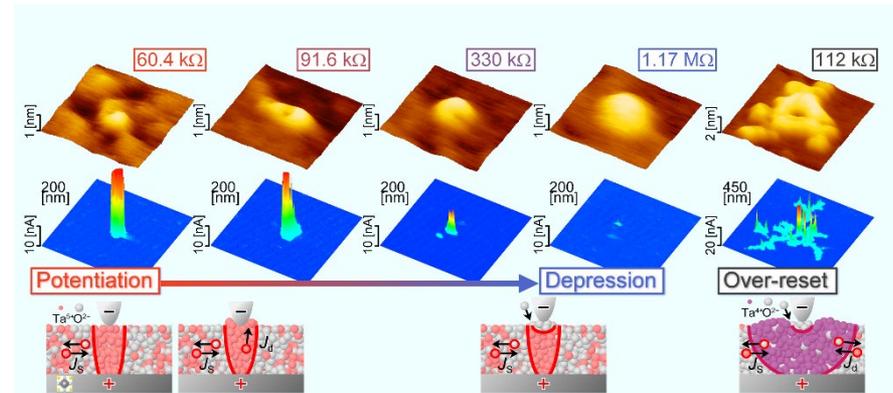
— 研究目的 —

アモルファス酸化物半導体においては近年、材料に対して単純に電場を印加することで、顕著かつ多様な非線形伝導現象が発現する事が実験的に報告されており、このことから従来の半導体としての応用用途を超えた、人工知能デバイス等への新たな応用可能性が指摘され始めている。本課題では $a\text{-TaO}_x$ 、 $a\text{-NbO}_x$ 等のアモルファス酸化物半導体において、原子レベルの平坦性を持つ超平坦薄膜を作製し、その原子スケールでの精細なプローブ顕微鏡観察を行うことによって、各種の非線形伝導現象の起源となるイオン移動の物理的な機構を明確化させ、アモルファス酸化物を用いた人工知能素子の設計・開発指針を確立する事を目的とする。

— 研究成果・効果 —

原子平坦表面を有する $a\text{-TaO}_x$ 薄膜を作製し、その表面において導電性原子間力顕微鏡(C-AFM)法による、直流および時間分解パルス電圧を用いた電流-電圧計測を行った。その結果、人工シナプス素子応用における主要な基礎原理として知られる非線形伝導現象の一種である、アナログ型抵抗変化現象をC-AFM法でのプローブ顕微鏡計測によって極めて直接的に計測し、またその際の $a\text{-TaO}_x$ 内のイオン移動を 10^{-10} mのスケールで観察することに成功した。

観察された形状像および伝導度マップ像からは、 $a\text{-TaO}_x$ におけるアナログ抵抗変化現象は、 $a\text{-TaO}_x$ が $2.0 < x < 2.5$ の酸素組成範囲において示す可逆的かつ連続的な酸化還元反応に起因する現象であることが示唆され、さらにその抵抗変化動作の確率性には、 $a\text{-TaO}_x$ 内における準安定相 $a\text{-TaO}_2$ の析出が強く影響を及ぼしていることが示唆された。今後のアモルファス酸化物半導体を用いた人工シナプス素子の研究開発に向けて、基礎となる材料設計指針を与える、重要な観察結果を得ることが出来たと考えている。



発表論文：

Atsushi Tsurumaki-Fukuchi, Takayoshi Katase, Hiromichi Ohta, Masashi Arita, and Yasuo Takahashi, "Direct Imaging of Ion Migration in Amorphous Oxide Electronic Synapses with Intrinsic Analog Switching Characteristics", *ACS Appl. Mater. Interfaces* (2023), in press