

酸化物四端子型メモリスタの結晶微細構造と電気特性

Crystalline microstructure and electric property of four-terminals oxide memristors

阪大院基礎工, °藤平哲也, 三宅亮太郎, 谷口奈穂, 上甲守治, 林侑介, 酒井朗

Grad. Sch. Eng. Sci. Osaka Univ., °T. Tohei, R. Miyake, N. Taniguchi, M. Joko, Y. Hayashi, A. Sakai

E-mail: tohei@ee.es.osaka-u.ac.jp

電界誘起による局所酸化・還元にもとづく不揮発的な抵抗変化を示す酸化物の系は、新規の受動素子であるメモリスタとしての特性を備え、非従来型記憶論理演算素子（人工シナプス）への応用が期待されている。本研究では、基材として酸化チタンや酸化ガリウムを用い、独自の四端子構造を有するメモリスタ素子の開発と機構解明を行ってきた(Fig. 1)[1-4]。この素子では、各電極への電圧印加パターンを制御することによりドナーとなる酸素空孔の空間分布をさまざまに変化させ、メモリスタ単体で多様な抵抗変化特性を発現することができる。実際に、たとえば対向2端子でもう1対の対向2端子間の酸素空孔密度分布を制御することで、(擬)2次元的な酸素空孔分布の変化をもたらし、介在シナプスからの作用によるシナプス間結合強度変化であるヘテロシナプス可塑性や、連合学習をはじめとする高度シナプス機能の模倣を実証している。これらのメモリスタ材料・素子における抵抗変化現象の素過程は、ドリフトと拡散によるドーパントイオン（酸素空孔）の集積・希釈であり、しばしばドーパントの高濃度集積の結果として起こる低抵抗結晶相（フィラメント）の析出をともし、バイアス電圧印加下その場観察を含む高分解能電子顕微鏡法による結晶構造・電子状態の観察と、有限要素シミュレーション・第一原理計算といった理論解析を連携して動的挙動を含む抵抗変化現象のナノ・原子レベル素過程を明らかにすることにより、デバイスの高パフォーマンス化やスケラビリティを想定することが可能となる。さらに、本研究で扱う抵抗変化領域の形成は、固体における電析現象のモデル系になっているともいえ、多端子により形成される多彩な電界分布を用いることで、ドーパントの集積と晶出の挙動を時空間で多様に制御して新規構造・物性を発現する新しいアプローチにもつながると期待される。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 JP17H03236、JP17K18881、T19K044680、JP20H00248 の助成を得て行われた。

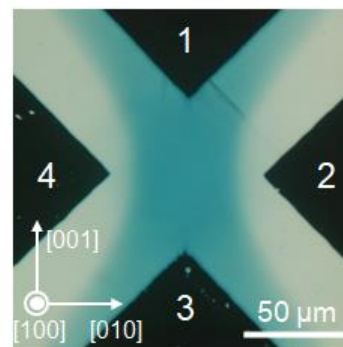


Fig.1 Formation of resistive change region in the four-terminal TiO_2 single crystal memristor.

References

- [1] K. Yamaguchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 06KB02 (2018).
- [2] S. Takeuchi et al., Sci. Rep. **9**, 2601 (2019).
- [3] Z. Nagata et al., Sci. Rep. **9**, 10013 (2019).
- [4] R. Miyake et al., SSDM, G-6-03 (2019).