

## 酸化マグネシウムを用いたシナプス素子の STDP 評価と ニューラルネットワーク応用の検討

### STDP characterization of MgO-based synapse devices and its application to neural networks

東芝 研究開発センター フロンティアリサーチラボラトリー

○丸亀 孝生, Radu Berdan, 野村 久美子, 西 義史

Frontier Research Lab., Corporate R&D Center, Toshiba Corp.,

○Takao Marukame, Radu Berdan, Kumiko Nomura and Yoshifumi Nishi

E-mail: takao.marukame@toshiba.co.jp

【背景】 近年、人工知能及び機械学習の分野において、多層型の人工ニューラルネットワーク (Neural Network; NN) であるディープラーニング (深層学習) が大きく注目され、CMOS 技術を用いた専用ハードウェアの開発が活発化している。NN は回路内での誤動作やばらつきの影響を受けにくいという特徴があり、新規デバイスおよび新規回路の導入が期待できる[1]。また NN の起源に立ち返った脳模倣研究も進展が目覚ましく、脳神経機能を LSI 技術で高精度に模擬する研究が行われてきた[2]。特に脳神経 (ニューロン) の接点 (シナプス) での記憶更新原理として知られる Spike-Timing-Dependent synaptic Plasticity (STDP) は、メモリスタ等の固体素子での再現が報告されてきた [3, 4]。我々はこれまでに金属酸化物系の  $\text{AlO}_x/\text{TiO}_x$  素子を用いて STDP を観測し、自律学習応用の可能性を報告した[4, 5]。応用上は素子の抵抗制御性が重要であるため、今回、MRAM 等でも実績のある MgO に着目して素子を試作し、STDP 特性を評価したので報告する。

【実験と考察】 Si 基板上にクロスポイント状の金属配線を形成しその交点に金属酸化物の  $\text{MgO}/\text{TiO}_x$  を配置した。素子の両端に正負極性の非線形パルス電圧を印加し、時間差を横軸としコンダクタンス変化を縦軸としてプロットすると Fig.1 のように明瞭な STDP 特性が得られた。 $\text{MgO}/\text{TiO}_x$  は MgO 中の酸素欠損による導電性変化が支配的メカニズムの一つとして議論されている[6]。講演では TEM 観察と EDX による膜分析結果を示し、抵抗制御性との関係性を考察する。STDP はそれ自体が局所的な自律学習アルゴリズムとして NN の教師なし学習での応用例が知られている[7]。脳科学的な STDP はニューロンの発火への寄与に情報的価値があり、また応用上はニューロン回路と併せて作り込まれるため、講演では電子回路と素子を組み合わせた実験結果についても議論する [8]。

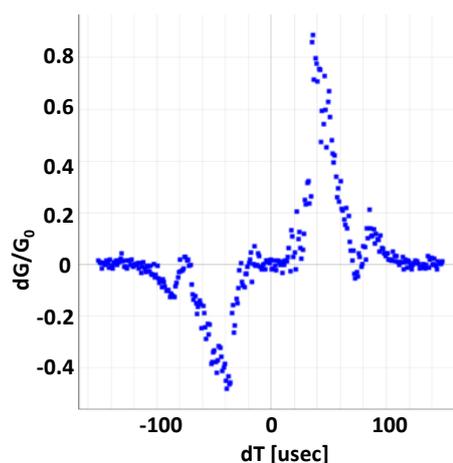


Fig. 1 Spike-timing dependent plasticity (STDP) on a memristive  $\text{MgO}/\text{TiO}_x$  device. STDP was generated by pre- and post-spikes to top-electrode and bottom-electrode.

- [1] T. Marukame, *et al.*, IEEE TCAS II: Express Briefs, **64**, 4, pp.462–466 (2016).  
 [2] G. Indiveri, *et al.*, IEEE TNN, **17**, 1, pp. 211–221 (2006).  
 [3] S.H. Jo, *et al.*, Nano letters **10**, pp. 1297–1301 (2010).  
 [4] T. Marukame, *et al.*, JJAP **57**, pp. 04FK06-1–04FK06-6 (2018).  
 [5] R. Berdan ら, 2018 応物春講演会.  
 [6] W. Lu, *et al.*, IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems **6**, pp. 163–170 (2016).  
 [7] S. Ambrogio, *et al.*, IEEE TED, **63**, 4, pp. 1508–1515 (2016).  
 [8] T. Marukame, *et al.*, Intl. Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) 2018.