

脳型学習 LSI のための金属酸化物デバイスのスパイク時間依存可塑性

Spike-Timing-Dependent synaptic Plasticity (STDP) of metal-oxide devices for brain-inspired learning LSIs

東芝 研究開発センター LSI 基盤技術ラボラトリー,

○丸亀 孝生, 市原 玲華, 野村 久美子, 安田 心一, 三谷 祐一郎

Advanced LSI Technology Lab., Corporate R&D Center, Toshiba Corp.,

○Takao Marukame, Reika Ichihara, Kumiko Nomura, Shin-ichi Yasuda and Yuichiro Mitani

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

近年、人工知能技術としてディープラーニング（深層学習）が大きく注目され、特に画像認識や音声認識において人間を超える高い認識性能が報告されている [1]。深層学習は多層の人工ニューラルネットワークを基本構成とし、大きな訓練データを用いてネットワークパラメータを更新する「学習」の繰り返しによって実用的に高い認識性能が得られる [1, 2]。学習時間を短縮するためのハードウェアアクセラレータとして一般的に GPU が知られているが、一方で従来型コンピュータの枠を超える極低消費電力化を目指した脳型 LSI の研究も活発化している [3]。

我々はこれまでに深層学習アーキテクチャを FPGA に構築して学習処理中のエラー耐性を明らかにし、従来メモリ低電圧化動作による低電力化と不揮発素子の適用可能性を指摘した [2]。エラー耐性に着目すると、スパイクニューラルネットワーク（SNN）が低電力化に有望な脳型アルゴリズムと知られており、深層学習として FPGA で動作させ画像認識等で高い性能が得られることが実証されている [4]。本研究では、金属酸化物素子をベースとしたアレイ構造で SNN を動作させることに着目し、さらに自律的な学習機能を実現することによる大幅な低消費電力化を目指している。生体脳神経の記憶更新原理として Spike-Timing-Dependent synaptic Plasticity (STDP) が知られており、固体素子での再現が報告されている [5]。今回我々は $\text{AlO}_x/\text{TiO}_x$ 2 端子素子 [6] において STDP 現象を実験的に観測し、サイクル特性から抵抗制御方法に関する知見が得られたので報告する (Fig. 1)。SNN と STDP を組み合わせることで演算器の代わりにパルス信号の授受により学習が進むと期待できる [3, 6]。講演ではアレイ構造での積和演算も紹介し、シミュレーションでの STDP 学習機能 [7] の検証結果も併せて報告する。

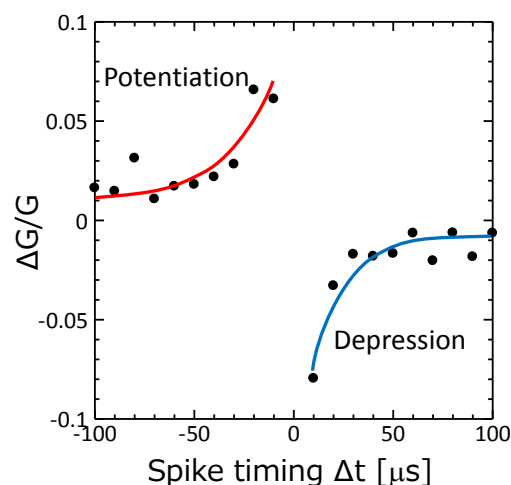


Fig. 1 STDP characteristics in a metal oxide device. G (ΔG) denotes conductance (conductance change). Δt is converted from original timing of two pulses to be shown as a well-known STDP plot.

- [1] G. E. Hinton and R.R. Salakhutdinov, Science 313, 5786, p.504–507 (2006).
- [2] T. Marukame, *et al.*, IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs. 64, 4, pp.462–466 (2016).
- [3] D. Ielmini and R. Waser, “Resistive Switching: From Fundamentals of Nanoionic Redox Processes to Memristive Device Applications” WILEY, (2016).
- [4] P.U. Diehl, *et al.*, IJCNN (2015).
- [5] S.H. Jo, *et al.*, Nano letters 10, pp. 1297-1301 (2010).
- [6] M. Prezioso, *et al.*, Nature 521, pp. 61–64 (2015).
- [7] C. Zamarreño-Ramos, *et al.*, Frontier in neuroscience vol.5, 26 (2011).