

コンデンサ不要のLIFニューロン

Capacitor-free leaky-integration for an artificial neuron

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 ○井上 公

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), ○Isao H. Inoue

E-mail: isaocaius@gmail.com, <https://sites.google.com/view/isao/>

我々は、「エッジ」で「リアルタイム学習と推論」を行える装置を開発するための基礎研究を行っています。現在研究が盛んな「機械学習」はリアルタイム性に欠け電力消費が大きいので、そのままエッジで利用するには困難が伴います。ネットに繋いでクラウドで機械学習すればよいのだと思われがちですが、エッジデバイスに期待される機能には個人情報や生命に関わるものが多く、ネット接続にも危険が伴います。そこで求められるのは、小さなバッテリーで動くエッジデバイスに使えるほど低消費電力で、かつオンサイトでリアルタイム学習と推論を実行できるプラットフォームです。

我々はスパイクングニューラルネット(SNN)回路においてニューロン発火の連鎖が特定のループで安定化する(アトラクタ形成)を用いると、機械学習の誤差逆伝播の論理計算を置き換えられることを使って、この問題を解決しようと考えています。このようなSNN回路に必要な素子の一つは、低消費電力で積分動作する人工ニューロンです。通常的人工ニューロンではコンデンサで積分を行っており、回路の時定数は静電容量 C と抵抗 R の積 CR で与えられます。しかし R は回路に流れる電流値を確保する必要性から大きくできません。シグナルの積分時間を長くする(時定数を大きくする)には巨大なコンデンサが必要です。

本講演で紹介する我々の SrTiO_3 FET素子は、 C に頼らずに積分ができる人工ニューロンです(図1)。時定数(積分時間)を10秒以上にとることさえ可能であることがわかってきました。つまり回路内で最も大きな面積を占め集積化を妨げるコンデンサがないのに、超低周波数で動作する素子なのです。集積化への負荷を考えるとこのメリットは計り知れません。

本研究は、物理学、数学、生理学、電子工学などの様々な分野の研究者との学際的な共同研究です。講演で研究の詳細を紹介する際に、共同研究者も紹介させていただきます。我々は、さらに様々な研究者・大学院生・ポスドクの方々に、このプロジェクトに参加していただけることを期待しています。

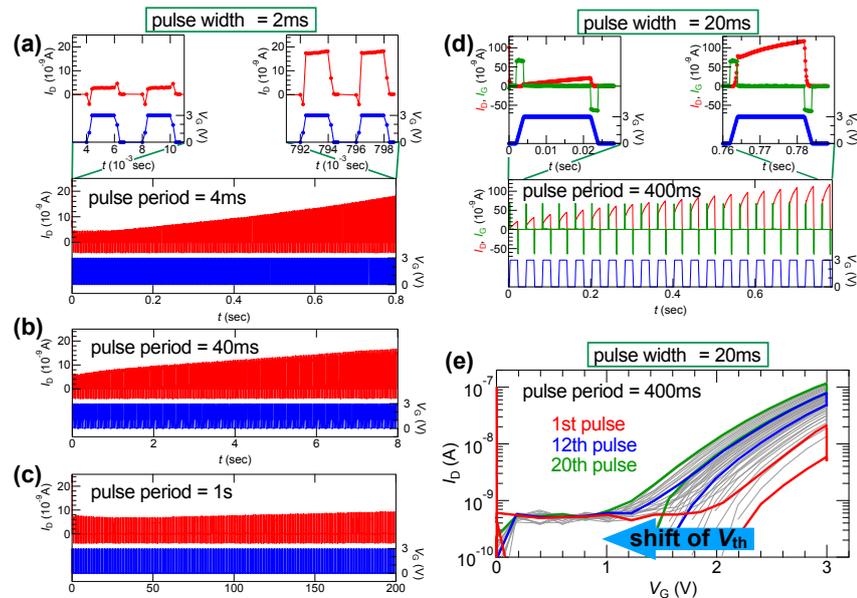


図1. (a) A train of 200 V_G -pulses of 3 V-height, 2 ms-width, and 4 ms-period causes the increase of I_D of our SrTiO_3 FET device, indicative of the integration function of neuron. This is done by a single FET without an external capacitor. (b) A train of the same 200 pulses but with a period of 40 ms shows weaker integration. (c) For the period of 1 s, no integration happens. This means the integration is 'leaky'. (d) Longer width pulse manifests the increase of I_D with negligible I_G during the pulse, though the latter accompanied with the large displacement current. (e) The leaky-integration function originates in the volatile shift of V_{th} with ≤ 1 s life time. The value of V_D is fixed to 3 V for all the measurements.