

Spiking Neural Network (SNN) ハードウェア向け フローティングゲート型 Stochastic ニューロン

Floating Gate Technology-based Stochastic Neurons

for Spiking Neural Network Hardware

東大工 〇(D2) 合田 晃, 松井 千尋, 竹内 健

Univ. Tokyo, 〇Akira Goda, Chihiro Matsui, Ken Takeuchi

E-mail: goda@co-design.t.u-tokyo.ac.jp

Floating gate(FG)型不揮発性メモリセルを spiking neural network (SNN) におけるニューロン回路に適用し(Fig. 1(a))、Leaky-integrate-fire(LIF)動作と stochastic spiking が制御良く実現できることを示す[1]。提案する FG 型ニューロンにおいて、Fowler Nordheim(FN)-tunneling と direct-tunneling による電子注入メカニズムと、注入電子のトンネル時間の確率的ばらつきを考慮した解析モデルを提案した。FG 型ニューロンは2nm以下の薄いトンネル酸化膜の領域ではdirect tunnelingで動作し、2V以下の低電圧におけるLIF動作が可能となる。Fig.2(b)にシミュレーション結果を示す。

スパイクの確率的ばらつき特性 (inter spike interval(ISI) stochasticity) はニューロンにおける重要な特性として知られている[2][3]。本研究では注入電子のトンネリング時間の確率的ばらつきに起因する ISI stochasticity をシミュレーションによって解析した(Fig.1(c)(d))。ISI stochasticity の度合いはスパイクに必要な注入電子数でユニバーサルに決定され、デバイスのサイズやスパイクしきい値を調整することで所望の stochastic 特性が発現可能であることが明らかになった(Fig.1(e))。

参考文献 [1] A. Goda et al., *EDTM*, 2022 (accepted). [2] V. Kornijcuk et al., *Front. Neurosci.*, vol. 10, pp. 1–16, 2016. [3] T.Tima et al., *Nat. Nanotechnol.*, vol. 11, no. 8, pp. 693–699, 2016

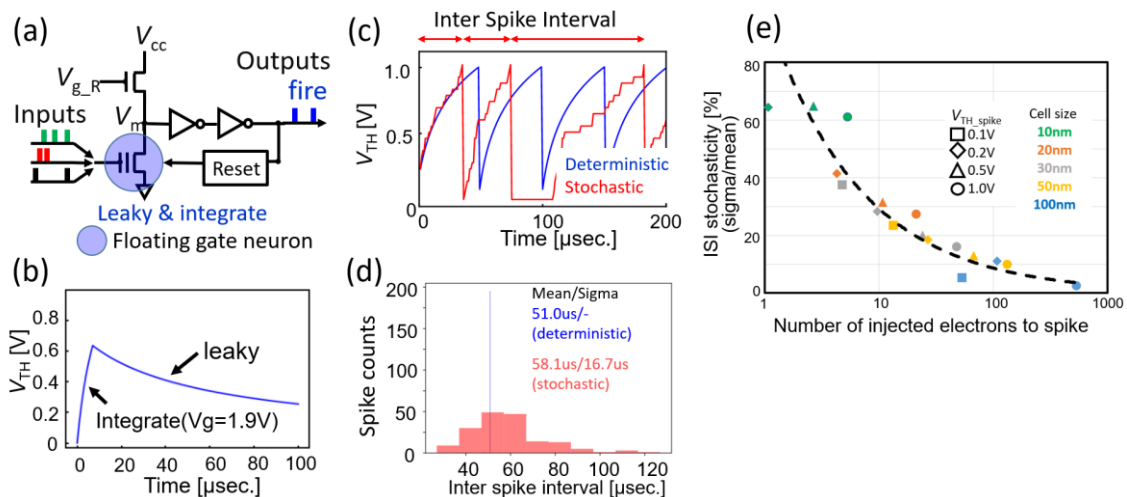


Fig. 1 (a) Leaky-integrate-fire (LIF) neuron circuit, (b) LIF characteristics of FG-based neuron, (c) V_{th} time evolutions of deterministic and stochastic neurons, (d) Inter spike interval (ISI) histogram, (e) ISI stochasticity dependency on number of injected electrons to spike [1].