

室温熱エネルギーを活用した無電力シナプティックトランジスタ

Ambient thermal energy-driven synaptic transistor without electric power

阪大産研¹ °神吉 輝夫¹、村岡 敬太¹

Osaka Univ.¹, °Teruo Kanki¹, Keita Muraoka¹

E-mail: kanki@sanken.osaka-u.ac.jp

生体脳は、情報処理とメモリが一体となった完全非ノイマン型演算システムである。信号伝播・情報処理を行うニューロンにはアナログメモリに相当するシナプスが無数にあり記憶・学習を担っている。例えば、2014年現在の脳型アーキテクチャーを模倣した IBM ニューロモルフィックチップ True-North は Intel Core i7 の 1/1000 の消費電力(75 mW)で動作しているが、近い将来、40 億個のニューロン、1 兆個のシナプスからなるシステム構築に向けて開発が進められており、その場合の消費電力は 4 kW と想定され、依然、人間脳の超低エネルギー（～20 w/d）動作には遠く及ばない。既存概念の延長線上で、消費電力を下げる素子研究では真の脳模倣は不可能であり、億単位の素子数になれば消費電力の増大は避けて通ることができない。その克服には発想の転換が不可欠である。本研究ではプロトンに着目し、常温熱エネルギーを利用した拡散とゲート電界によるチャネル侵入電界によるプロトン方向制御により無電力多値メモリの創出に取り組んだ。

TiO₂(001)基板上にチャネルとなる単結晶 VO₂ 薄膜 (10nm)、ゲート絶縁膜パリレン(200nm)を積層したトランジスタを作製した。Pt 電極触媒を用い H₂(5%)+Ar 混合ガス雰囲気下のもと VO₂ にプロトンを挿入し、結晶構造が異なる絶縁体 HVO₂ にした[1]。ゲート電界から生じる HVO₂ チャネル界面の侵入電場を用いてプロトン拡散の方向制御を行った結果、低抵抗 VO₂ ⇌ 高抵抗 HVO₂ の変化 (Fig.1a) により

160%にも及ぶアナログスイッチング (Fig.1b and c) と多値メモリ効果 (Fig.1d)の両者を確認した。ゲート電圧のパルス幅と間隔によりスイッチとメモリの使い分けが可能であるとわかった。当日は、メモリの起源を詳細に述べるとともに動作速度についても報告する予定である。

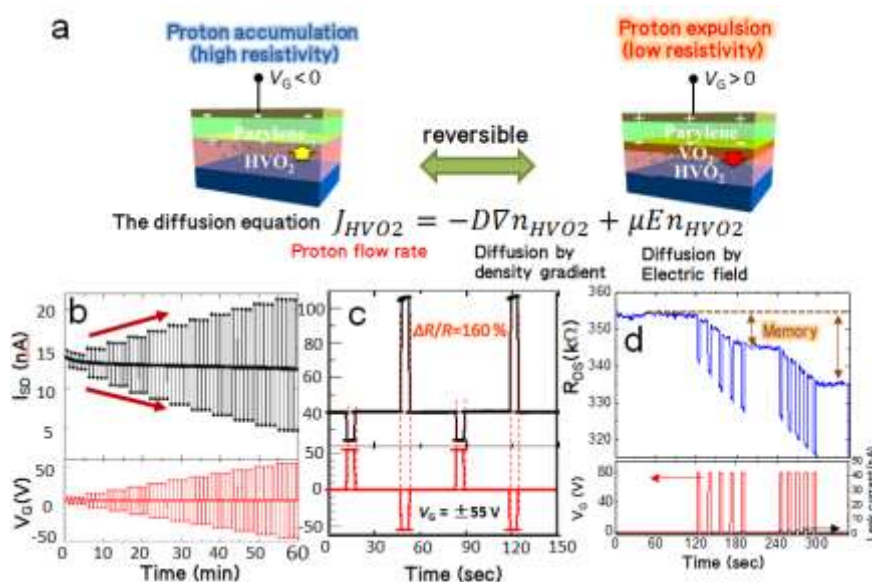


Fig. 1 a. Reversible changes between HVO₂ and VO₂. b. Analog switch following magnitude of gate voltage (V_G). c. Demonstration of large switch. d. Multiple memory.

[1] K. Muraoka and T. Kanki, Sci. Rep. 9, 20093 (2019).