

金属原子スイッチにおける確率共鳴の観測

Stochastic resonance in metal atom switches

東大生研¹、東大ナノ量子機構² ○吉田健治¹、平川一彦^{1,2}

IIS & INQIE, Univ. of Tokyo

Kenji Yoshida and Kazuhiko Hirakawa

E-mail: kyoshida@iis.u-tokyo.ac.jp

近年、半導体素子は微細化に伴って消費電力が飛躍的に増大しており、素子微細化による性能向上は限界に近づきつつある。そのため、新しいデバイス構造や従来とは異なる動作原理で動作するデバイスの探求が急務となっている。その一つとして生体の神経細胞で行われている雑音ゆらぎを利用した情報処理が注目を集めている[1]。本研究では、人工シナプスの候補技術としても研究が活発に為されている金属原子スイッチ[2]における雑音応答特性について実験を行った。その結果、最適な雑音強度で素子の応答特性が向上するという雑音誘起現象の一つである確率共鳴が金属原子スイッチで発現することを実証したので報告する。

Au ナノ接合電極に通電断線法を適用することで、数個の Au 原子で電極対が架橋された構造を有する金属原子スイッチを作製した。図 1 に作製した素子の動作特性を示す。図より、本素子は①+ 230 mV (− 250 mV) 印加時に伝導度が不連続に減少 (増加) すること、②素子伝導度の変化は印加電圧の極性に依存するバイポーラ動作を示すこと、③印加電圧に対して素子伝導度が明瞭なヒステリシス特性を示すことがわかる。以上から、本素子はバイポーラ型抵抗変化メモリとして動作していることがわかる。

本素子に対して、閾値 (~ 500 mV_{pp}) 未満の入力信号 V_{INPUT} (70 mHz の矩形波) に白色雑音を重畳した際の出力応答を調べた。図 2 は $V_{\text{INPUT}} = 50 \text{ mV}_{\text{pp}}$ に異なる強度の雑音を重畳した際に得られた素子伝導度の時間発展である。雑音が無い場合には、スイッチング動作が生じていないのに対して、550 mV_{pp} の雑音を加えた際には入力信号に同期したスイッチング動作が生じていることが確認できる。また、雑音強度を 1000 mV_{pp} に増加した際にはスイッチング動作は消失した。図 3 に異なる入力信号振幅印加時に得られた本素子の入出力相関係数の雑音強度依存性を示す。図より入出力相関係数が雑音強度に対して極大値を持つことから、本素子は最適強度の雑音を印加することで無雑音時に比べて良好なスイッチング動作をすることがわかる。以上から金属原子スイッチにおいて確率共鳴が発現し、確率共鳴を利用することで閾値の 1/10 という低入力電圧 (電力換算で 1/100) であっても素子が良い応答特性を示すことが実証された。本結果から雑音を利用することで金属原子スイッチの超低消費電力動作が実現可能であることが示唆された。

参考文献： [1] L. Gammaitoni et al, Rev. Mod. Phys. (1998). [2] C. Schirm et al., Nat. Nanotech. (2013).

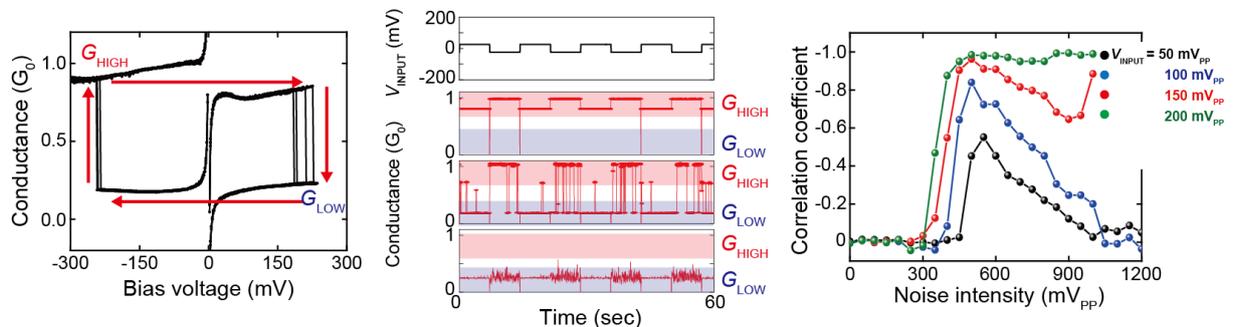


図 1. Au 原子スイッチの動作特性。
+ 230 mV (− 250 mV) 印加時に伝導度が G_{LOW} (G_{HIGH}) にスイッチすることがわかる。

図 2. $V_{\text{INPUT}} = 50 \text{ mV}_{\text{pp}}$ の矩形波に異なる雑音強度 (上から 0, 550, 1000 mV_{pp}) を重畳した際の素子伝導度の時間発展。

図 3. 素子の入出力相関係数の雑音強度依存性。