

確率共鳴を利用した新しい情報処理のためのナノデバイスと集積化

Research on Stochastic Resonance Nanodevices and Their Integration for Novel Noise-robust Information Processing

北大院情報科学および量子集積センター, JST さきがけ °葛西 誠也

Graduate School of IST and RCIQE, Hokkaido Univ., and PRESTO JST, °Seiya Kasai

E-mail: kasai@rciqe.hokudai.ac.jp

ゆらぎ共存ナノエレクトロニクス基盤として、確率共鳴現象を電子的に発現する新しいナノデバイスと集積化技術について述べる。情報処理半導体デバイスの構造スケールがナノ領域に入り、微細化技術は高効率・省電力化とゆらぎ増大を同時にもたらす諸刃の剣となった。一方、究極のシステムである生体系は、極めて高い次元で両者の折り合いをつけている。本研究の狙いは、この生体戦略の鍵となる確率共鳴をエレクトロニクスに取り込む仕掛けをつくることにある。確率共鳴はゆらぎにより微弱信号に対する応答が向上する現象である(図1)。興味深い現象であるが、ディザ以外実用に至っていない。かつてはゆらぎを抑制除去できたためである。本研究では現象メカニズムに基づき半導体ナノワイヤ FET (図2) を用いて確率共鳴を発現する技術を創出した[1]。ついで、現象の工学的利用とそのメリットを引き出すために、応答向上と設計制御技術の開発を進めた。生体神経系の物理アーキテクチャに倣った並列加算ネットワーク化が応答特性および雑音耐性の向上に極めて有効であることを実証した(図3)。非平衡キャリアダイナミクスを確率微分方程式で記述解析することで応答を理解でき、特性の設計制御が可能になりつつある。また、デバイス自体の物理的ばらつきも応答性能向上に寄与し得ることも明らかになってきた[2]。超低消費電力情報処理デバイス追求の観点から、量子ドットを用いた単電子確率共鳴にも注目している。現状、熱ゆらぎがネックとなり単電子デバイスの低消費電力性を活かせずにいるが、確率共鳴を取り込むことによって有限の熱ゆらぎのもとで単電子応答を最適化することが可能になる。すなわち確率共鳴が省電力とゆらぎのバランス点を高めるように作用する。

[1] S. Kasai and T. Asai, Appl. Phys. Express 1 (2008) p.083001.

[2] S. Kasai, K. Miura, and Y. Shiratori, Appl. Phys. Lett. 96 (2010) p.194102.

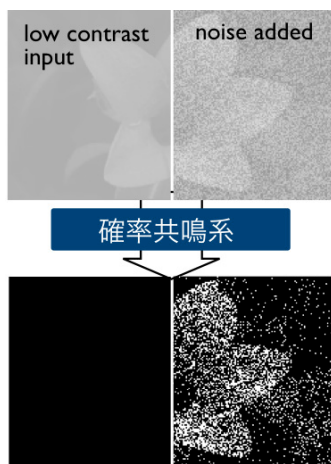


図1 確率共鳴の概念

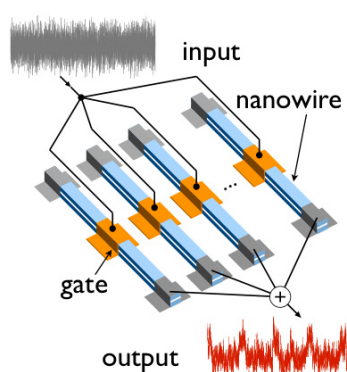


図2 ナノワイヤ FET ネットワーク確率共鳴系

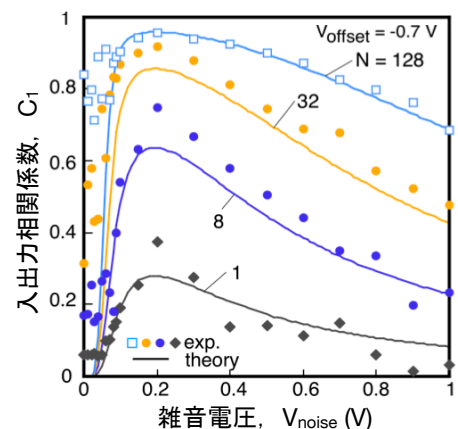


図3 ナノワイヤ FET ネットワークにおける確率共鳴