

GaAs ナノワイヤ FET を利用した確率共鳴の発現と 雑音による信号検出能力の向上

Stochastic Resonance in GaAs-based Nanowire FETs and Enhanced Signal Detection by Noise

葛西誠也^{*,**,***} 浅井哲也^{*}
Seiya Kasai^{*,**,***} Tetsuya Asai^{*}

^{*}北海道大学 大学院情報科学研究科、^{**}北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター、^{***}JST さきがけ
^{*}Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University, ^{**}Research Center for Integrated
Quantum Electronics, Hokkaido University, ^{***}PRESTO, JST

1. はじめに

ナノメートルまで微細化された半導体デバイスは様々なゆらぎの影響を受け、近年システムの SN 比劣化や消費電力増大等の要因となっている。一方、分子レベルの構造からなる生体系は、ゆらぎに対してロバストに機能する。この機構として考えられているのが確率共鳴である[1]。これは雑音によって系の応答が向上する特異な現象である。本研究では、確率共鳴をナノエレクトロニクスへ活かすことを目的とし、半導体ナノワイヤ FET とそのネットワークを利用し現象を電子的に発現させること、および高雑音下での極微小信号検出の可能性を検討した。

2. 実験と解析

実験で用いたナノワイヤ FET は AlGaAs/GaAs ヘテロ構造を電子線リソグラフィとエッチングによりナノワイヤ化しショットキーラップゲート(WPG)を設けた構造で、これを並列化しネットワークを構成する(図1)。現象発現に必要な入出力非線形特性には、FET サブスレッショルド特性を利用する。現象発現には、ゲートをしきい値以下にバイアスした上で、しきい値をこえない微小パルス電圧を入力信号として与え、同時に雑音を入力に重畳させる。出力としてドレイン電流を測定した。ネットワークの場合はドレイン電流の和を出力とした。

実験的に得られた入力パルスと出力波形の相関を図2に示す。この相関は最大値を1に規格化した SN 比に対応する。ネットワーク並列数 N は 1、2、8 で

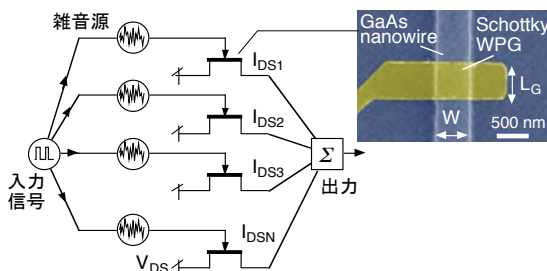


図1 GaAs ナノワイヤ FET とネットワーク構成

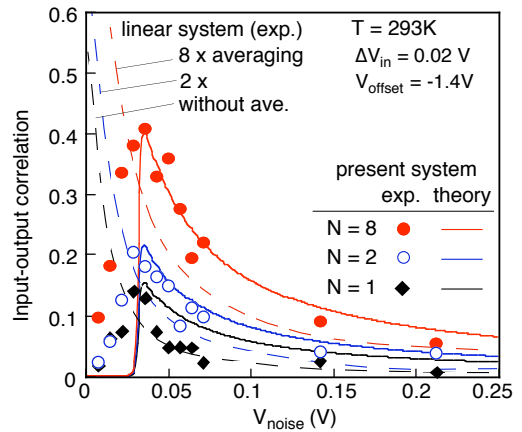


図2 入出力相関の入力雑音電圧依存性

ある。比較のために同数回の平均化を行った線形系の入出力相関値を点線で示した。FET 系では、入力雑音 0.04V 付近に相関が最大になるピークが見られ、ピーク点では線形系を上回る相関を示した。ネットワーク化することで入出力相関は向上し、N=8 の場合では線形系と比較し 40% もの相関増大が認められた。観測された結果は確率共鳴の発現を示している。さらに、本論文の系が有限の雑音下での極微小信号検出に優れていることを実証するものである。

現象理解のため、素子中の電子挙動に注目し物理モデル化し、確率微分方程式で記述することで解析を行った(図2実線)。本解析により、ピーク位置、高さを含む実験結果を定量的に説明可能である。実験結果との差は外因的雑音の影響である。得られた解析式により並列化の効果などの予測も可能である。

3. まとめ

GaAs 系ナノワイヤ FET とそのネットワークにより確率共鳴の発現に成功するとともに、雑音下において平均化処理を上回る信号検出能力を実証した。

参考文献

[1] F. Moss, L. M. Ward, and W. G. Sannita, *Clinical Neurophysiology* **115**, 267 (2004).