

シリコンナノデバイスを用いた高速単電子転送・検出

High-speed single-electron transfer and detection using Si nanodevices

○藤原聡、山端元音、西口克彦 (NTT 物性科学基礎研究所)

°Akira Fujiwara, Gento Yamahata, Katsuhiko Nishiguchi (NTT Basic Research Laboratories)

E-mail: fujiwara.akira@lab.ntt.co.jp

シリコンナノ細線トランジスタは、優れたゲート制御性とデバイス特性の安定性・再現性を兼ね備えており、回路応用はもちろん、様々なエレクトロニクス分野への応用が期待できる。我々のグループでは、シリコンナノ細線トランジスタを用いた高速・高精度単電子転送、高速・高感度単電子検出の技術を開発し、極限電子操作の基盤技術の構築を目指し研究を進めている(図1)。これらの技術は、高精度エレクトロニクス、高感度センサ、量子情報処理などへの展開につながると考えられるが、最近実際に、単電子転送を用いた電流標準については、2018 年以降に予定されている新SI 単位系への移行に伴うアンペアの再定義の観点から、その実現への期待が高まっている。

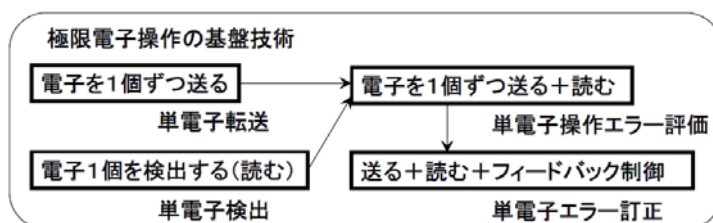


図1. 極限電子操作のためのアプローチ

高速・高精度単電子転送の実現に向けて現在広く用いられているのが、可変バリア型単電子転送デバイスであり、シリコン[1]やGaAsを用いてクロック周波数GHzを超える動作が世界の研究機関から相次いで報告されている。ごく最近ではドイツで1GHz動作、0.22 ppm(高速動作可能な可変バリア型での最高精度)の報告がなされ、さらなる高速・高精度化の期待が高まる一方、高周波化により様々な原因による精度劣化も報告されており、今後の詳細な検討が必要な状況である。最近、我々は、別の方法として、シリコン中の電荷トラップ準位を介した3.5GHzの単電子転送の高速動作(図2)に成功しており[2]、これらの精度評価も進めている。

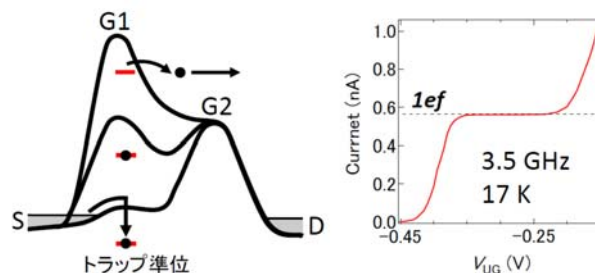


図2. トラップ準位を利用した高速単電子転送

近年、単電子転送の精度を直接的に絶対評価する方法として報告例が増えているのが、単電子検出デバイスを用いた電子カウンティングである。我々は、シリコン単電子転送デバイスの転送精度の絶対評価[3]を行ったほか、検出速度の高速化にも取り組み、共振器を利用した高周波数領域への周波数変換により、室温において20MHzで $2 \times 10^{-4} e/\sqrt{\text{Hz}}$ の高感度を実現している[4]。単電子検出デバイスは、様々なセンシング技術への応用も期待できるため、さらなる高速化の検討を進めている。本講演で、単電子転送、検出デバイスの我々の最近の成果を紹介する。

[1] A. Fujiwara et al., APL **92**, 042102 (2008). [2] G. Yamahata et al., Nat. Commun. **5**, 5038 (2014).[3] G. Yamahata et al., PRB **89**, 165302 (2014). [4] K. Nishiguchi et al., APL **103**, 143102 (2013).