

単一電子転送 ～高精度な電流の実現を目指して～



Motivation どんな問題に取り組むのか？

単一電子転送を利用した電流標準の実現を目指しています。高速なパルス電圧を利用することで、電子一つ一つを転送し、正確な電流を発生させることができます。これはナノスケールのシリコンFETやドナーなどを利用することで実現できます。高精度化、大電流化を目指して、転送の精度評価や新規構造の考案を行ってきました。

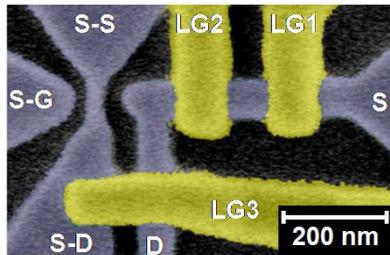
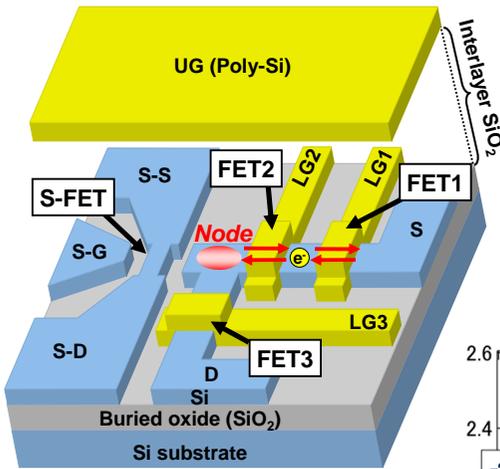
Originality 得られた結果はどう新しいのか？

シャトルエラー測定：シリコンFETで電子を往復させる転送(シャトル転送)を行い、単一電子転送の絶対精度を半導体素子で初めて評価しました。エラー要因が熱揺らぎであることが示され、低温化、微細化による高精度化を期待することができます。ドナー転送素子：位置制御をして導入したヒ素の準位を利用し、大電流単一電子転送を実現しました。

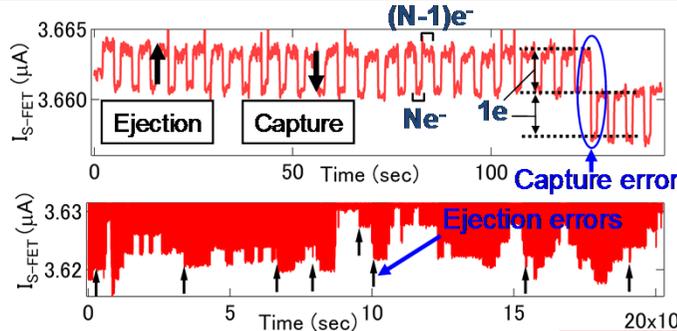
Impact この研究が成功した場合のインパクトは？

更なる低温化、微細化をした際のエラー機構を解明し、高精度な電流標準が実現できれば、電荷eを定義値として電流を再定義することができます。これは近年の質量原器の廃止方針とも関連して、重要な意味を持ちます。また、電流標準では大きな電流値が必要なため、ドナーを利用した素子も電流標準の有力な候補となります。

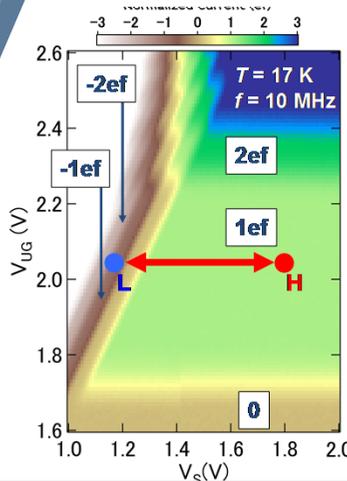
単一電子転送のシャトルエラー測定



素子の概略図と電子顕微鏡写真



最良エラー
~ 10⁻³



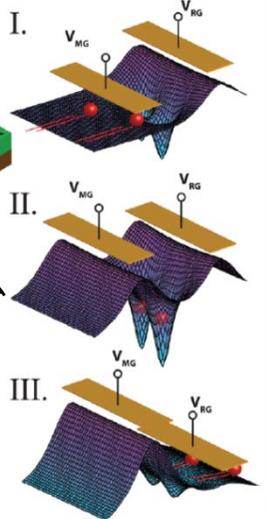
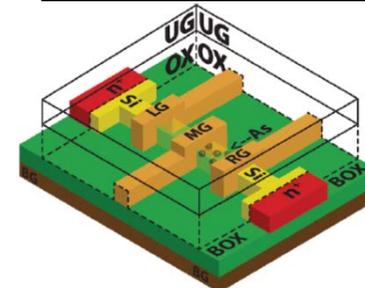
シャトル転送中の電荷検出による単一電子転送精度評価

シャトルエラー測定により絶対評価した転送精度と、単一電子転送の理論との比較により、温度17Kでは熱揺らぎがエラーを決定している要因であることを見出しました。

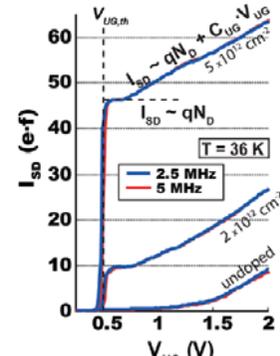
低温化・微細化による高精度な転送の実現が期待されます(温度~4Kで転送精度10⁻⁸へ到達見込み)。

高周波パルス電圧を利用した、単一電子転送電流測定

ドナーを利用した単一電子転送素子



素子の概略図と転送メカニズム



ドナー転送素子による単一電子転送電流

位置制御をして注入した数十個のドナーを利用し、電子を転送することに成功しました。