

■ はじめに

電子ポンプ[1]とは、メソスコピック系において任意の制御パラメータを2つ以上非常にゆっくり周期的に変化させることによって、バイアス電圧なしで片方のリードからもう片方のリードへ電子がコヒーレントに輸送される現象です。この現象は電流標準への応用からも注目されています。バイアス電圧を必要としない電子ポンプであるため、従来のバイアス電圧を印加する必要がある単一電子トランジスタで問題になっていた熱由来のエラーを解消でき、高精度な電子輸送を実現できる可能性を持っています。

■ 研究内容

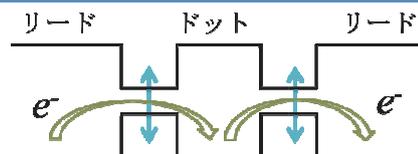
しかし、図1上図のような閉じ込めポテンシャル(量子ドットのエネルギー準位、量子ドット-リード間の結合ポテンシャルなど)を制御パラメータに選んでいた先行研究においては、1周期あたりにポンプ出来る電荷に上限値が存在することが示されていました。これは大きな電流値が取り出せないことを意味し、実用的な量子デバイスへの応用という観点から問題となっています[2]。

そこで私たちは、いままで議論されてこなかった、図1下図のように電子が量子ドットを通過するときに付与される散乱位相(磁束)を制御パラメータの1つとして変調することで、この上限値を取り除くことが出来、さらに1周期あたりのポンプ電荷を高精度に制御出来ることを示しました(図2)[3]。

■ 参考文献

- [1] P. W. Brouwer, Phys. Rev. B 58, R10135 (1998)
 [2] J. P. Pekola et al., Rev. Mod. Phys. 85, 1421 (2013)
 [3] M. Taguchi, S. Nakajima, T. Kubo, and Y. Tokura, arXiv:1504.00059.

従来:閉じ込めポテンシャル変調によるポンプ



本研究:トンネル位相変調によるポンプ

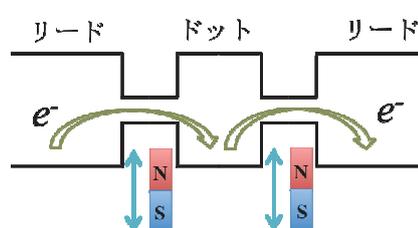


図1: 従来の閉じ込めポテンシャルによる電子ポンプ (上図) と本研究のトンネル位相による電子ポンプ (下図)

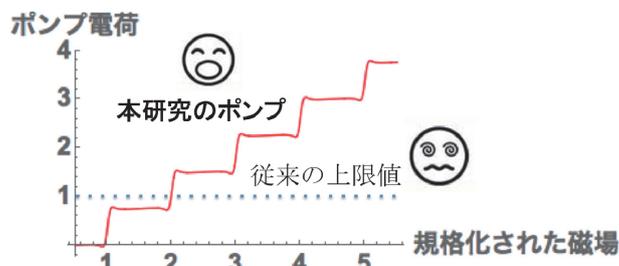


図2: 従来の閉じ込めポテンシャルによる1周期あたりのポンプ電荷の上限値 (青点線) と本研究のトンネル位相変調による1周期あたりのポンプ電荷の上限値 (赤実線)

代表発表者 田口 真彦 (たぐち まさひこ)
 所属 1. 筑波大学 数理物質科学研究科
 ナノサイエンス・ナノテクノロジー専攻 博士3年
 2. 産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門
 超伝導分光エレクトロニクスグループ
 RA & イノベーションスクール DC 生
 問合せ先 〒305-8571
 茨城県つくば市天王台 1-1-1 総合研究棟 B 407 室
 TEL: 029-853-5911, E-mail: s1330124@u.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1) 電子ポンプ
 (2) 量子力学的干渉効果
 (3) 量子ドット

■共同研究者: 中嶋慧 (筑波大学大学院生)
 久保敏弘 (筑波大学研究員)
 都倉康弘 (筑波大学教授)