

微小 Josephson 接合列を用いた電流整数倍器の高精度化

Accuracy Improvement of Current Multiplication Using Arrays of Small Josephson Junctions

電通大院先進理工¹ 電通大院量子・物質工²

○武田 晃一¹, Srinivas Gandrothula², 水柿 義直¹, 島田 宏^{1,2}

Dept. Engineering Science¹, Dept. Applied Physics and Chemistry²,

○Kouichi Takeda¹, Srinivas Gandrothula², Yoshinao Mizugaki¹, Hiroshi Shimada^{1,2}

E-mail: tak@inaho.pc.uec.ac.jp

単一電子デバイスのうちの 1 つである単一電子ポンプは、外部から加える高周波電圧(周波数 f)に同期して 1 周期につき電子 1 個を伝搬させて高精度な電流 $I=ef$ を発生させることができる。これは既に計量学的精度の電流制御を実現しており直流電流標準への応用が期待できるが、発生可能な高精度電流は高々 1pA 未満という微小なものであった^[1]。そこで、我々は静電的に結合した 2 本の微小 Josephson 接合列に起こる高精度な電流転写現象である量子電流ミラー効果^[2]の応用として、複数の二次接合列(転写先となる側)に電流を転写し、それらを加算することにより、高精度な電流増幅器(電流整数倍器)の実現を目指している。これまでに、電流 2 倍器^[3]、10 倍器などが作製されてきた^[4]。しかし、電流 10 倍器のような二次接合列が多段化されたデバイスにおいては精度が低下する問題があり、本研究では電流整数倍器の高精度化を試みる。

今回提案するのは、電流整数倍器を構成する各微小 Josephson 接合列の接合容量 C に対して一次・二次接合列間の静電的な結合容量 C_C を増加させる方法である。実験的には、一次・二次接合列の各接合間電極下に、酸素プラズマを用いて表面を厚く酸化した Al 電極を接合列を跨いで配置することで C_C を増加し、容量比 $C_C/C \approx 0.45-0.52$ となる電流 10 倍器を実現した(従来は $C_C/C \approx 0.01$)。これらの電流増幅動作について絶対誤差及び相対誤差の観点から比較を行い、 C_C/C が増加するに従い増幅誤差が軽減される傾向を得た(図 1、黒丸は論文^[4]のデータ)。特に $C_C/C \approx 0.47$ となるデバイスでは一次電流 $I_1 \leq 30\text{pA}$ の範囲で電流の 10 倍増幅が可能で、その範囲における増幅動作の絶対誤差の標準偏差 σ_{ABS} 及び相対誤差の標準偏差 σ_{Rel} はそれぞれ $\sigma_{\text{ABS}} \leq 7\text{pA}$ 、 $\sigma_{\text{Rel}} \leq 7\%$ という、従来よりも 1 桁以上増幅誤差を軽減した結果であった。

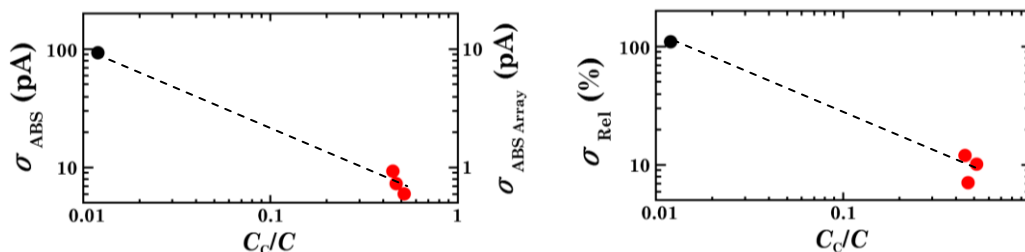


図 1. 電流 10 倍増幅動作における容量比と絶対誤差(左)及び相対誤差(右)の標準偏差との関係

- [1] M. W. Keller *et al.*, Appl. Phys. Lett. **69** (1996) 1804.
- [2] H. Shimada, and P. Delsing, Phys. Rev. Lett. **85** (2000) 3252.
- [3] H. Shimada *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **47** (2008) 8131.
- [4] S. Gandrothula *et al.* Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 123101.