

超伝導回路の動作安定度に対する $1/f$ 雑音の影響の解析と評価

Analysis and evaluation of influence of $1/f$ noises on operation stability of superconducting circuit

横国大院理工

○(M2) 津名 宥佑, 山梨 裕希, 吉川 信行

Dept. of Electrical and Computer Eng., Yokohama Natl. Univ.

○Yusuke Tsuna, Yuki Yamanashi, Nobuyuki Yoshikawa

E-mail: tsuna-yusuke-wh@ynu.jp

近年半導体集積回路の漏れ電流、消費電力、発熱の増大問題のため次世代集積回路として量子磁束パラメトロン(Quantum-Flux-Parametron :QFP)回路などの超伝導集積回路に注目が集まっている[1]。QFP 回路は半導体集積回路と比較して数 GHz の高速での動作や 5 桁少ない低電力な動作が可能である。しかし低消費電力のため雑音の影響が大きく、出力が不安定になる。回路の不安定性を示す指標の一つであるグレーゾーン幅が同じ回路でもチップによって 2 倍程大きく変わることがある。また、QFP 回路の低速動作時の実測値が 熱雑音のみを考慮した解析結果と異なることがわかってきた[2]。我々はこれが Josephson 接合中の欠陥等に起因する $1/f$ 雑音が発生しており、また $1/f$ 雑音の大きさがチップごとに違うことが影響していると考え、 $1/f$ 雑音が超伝導回路に与える影響を定量的に解析しようと試みている。そこで我々は-3 dB/oct.の伝達関数を持つパッシブフィルタを用いて熱雑音から $1/f$ 雑音に変換して解析を行っている[3]。

図 1 は熱雑音や $1/f$ 雑音を QFP 回路に印加したときのグレーゾーン幅の励起電流立ち上がり時間依存性を示す。QFP 回路の 4.2 K 動作時の実効的な温度が室温からの雑音の流入等により 4.2 K よりも高いことが考えられるため、熱雑音の標準偏差は 8.4 K のときのものを想定している。 $1/f$ 雑音の大きさは周波数によって変わるため、1 MHz のときのおおよその大きさを 1 A で規格化した値で我々は $1/f$ 雑音の大きさを表現している。 $1/f$ の雑音が-105 dB の大きさのものを熱雑音と同時に印加させたとき、実測値とシミュレーション値をほとん

ど一致させることができた。また他のチップの測定結果に対しても $1/f$ 雑音の大きさを変更させることでシミュレーション値と一致させることができるかの検討や $1/f$ 雑音のみを印加したときと熱雑音のみを印加したときの励起電流のマージンについても解析を行った。発表当日は評価の詳細や実験結果との比較について述べる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K04280 の助成を受けたものである。本研究に使用された回路は、産業技術総合研究所(AIST)の超伝導クリーンルーム(CRAVITY)において、AIST-STP2 プロセスを用いて作製された。

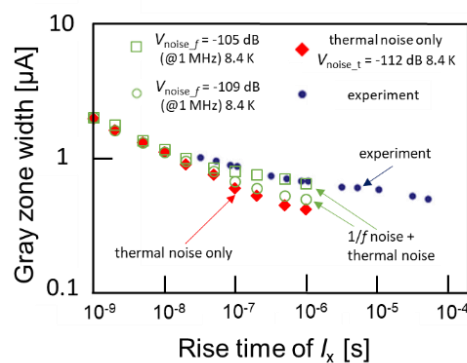


図 1 QFP 回路のグレーゾーン幅の励起電流立ち上がり時間依存性

参考文献

- [1] M. Hosoya et al., *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, Vol. 1, No. 1, pp. 77-89, 1991.
- [2] Y. Yamanashi et al., *Supercond. Sci. Technol.*, Vol. 30, No. 8, 084004, 2017.
- [3] 津名他、応用物理学会秋季講演会,(2018)