

17p-A20-3

パルス間斥力を利用した SFQ リングオシレータにおけるジッタの低減 Reduction of Jitter using Inter-pulse Repulsive Force in Single-Flux-Quantum Ring Oscillators

横浜国大工 °下田 知毅, 佐野 京佑, 村松 祐希, 山梨 裕希, 吉川 信行

Yokohama Natl. Univ., °T. Shimoda, K. Sano, Y. Muramatsu, Y. Yamanashi, N. Yoshikawa

E-mail: shimoda-tomoki-xm@ynu.jp

近年、飛行時間型質量分析法 (TOF-MS, Time-Of-Flight Mass Spectrometry) において、SFQ 回路を用いた飛行時間測定回路 (TDC, Time-to-Digital Converter) で構成される高分解能 TOF-MS システムの開発が行われている [1]。しかし、TDC の測定で得られるヒストグラムの半値幅が想定よりも大きくなってしまいうことが問題であった。この原因として考えられているのは、TDC 内の Clock Generator (CG) を構成している SFQ リングオシレータの jitter が挙げられる。そこで我々は、SFQ リングオシレータの jitter を低減させ、オンチップ上での TDC の動作の安定化を目指している。SFQ 回路における jitter は、Josephson Junction (JJ) のスイッチング時間のばらつきであり、JJ を流れるバイアス電流に重畳する熱雑音に起因する [2]。今回、パルス間斥力を用いた jitter の低減効果について、シミュレーションにより検討したので報告する。

Fig. 1 にシミュレーションに用いた回路を示すが、リング内に磁気結合によって磁束を複数箇所から印加することで、複数の SFQ パルスを発生させている。Jsim によって得られた磁束の印加点数と周波数の関係性を Fig. 2 に示す。計算において 2.5kA/cm^2 Nb プロセスを仮定した。通常、リング内の磁束印加点数が増加するとリング内を伝搬する SFQ 数が増加するため、発振周波数も比例して増加すると考えられる。しかしながら、Fig. 2 よりリング内の磁束印加点数と発振周波数は比例関係にないことが分かる。我々は、この関係性からリング内にパルス間斥力が働いていると考え、jitter との関係性についてシミュレーションを行った。

4.2K の熱雑音を考慮したシミュレーションによって得られた磁束の印加数と jitter の関係性を Fig. 3 に示す。図における jitter とは、リングオシレータ内の JJ がスイッチしてから次にスイッチするまでの時間間隔の標準偏差を表している。今回、JJ1 接合当たりの jitter に規格化したものを縦軸とした。Fig. 3 より、磁束の印加数が増加することによって JJ1 接合当たりの jitter が減少していることが確認出来る。今後は、アンシャント JJ を用いることで更なる jitter の低減を目指す。

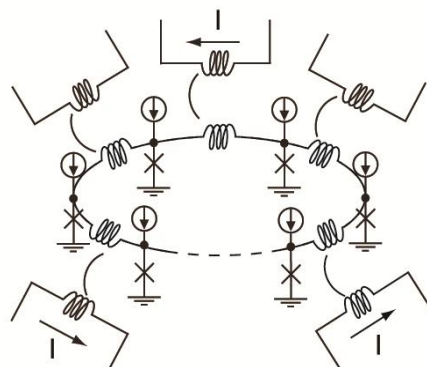


Fig. 1. A test circuit to calculate the timing jitter of SFQ ring oscillators.

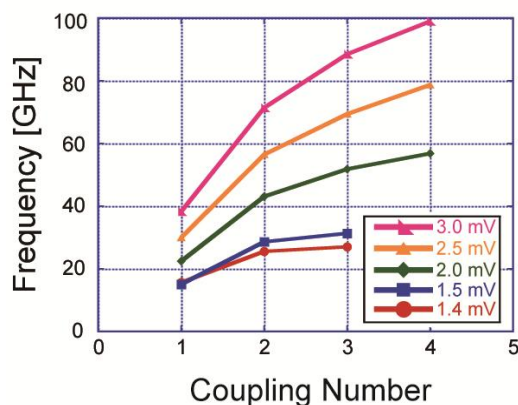


Fig. 2. Dependence of the oscillation frequency on the coupling number in the SFQ ring oscillator.

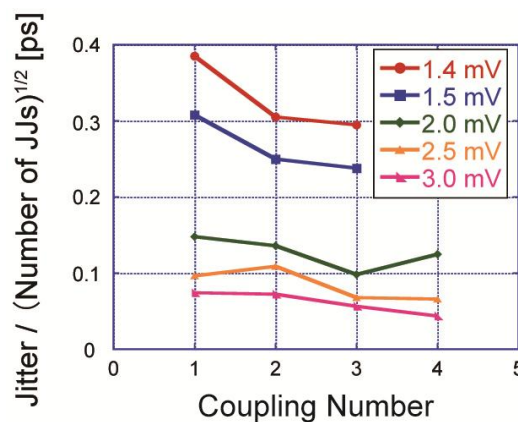


Fig. 3. Dependence of the jitter on the coupling number in the SFQ ring oscillator..

参考文献

- [1] N. Yoshikawa *et al.*, ISEC 2009, SP-P44, 2009.
- [2] H. Terai *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 84, no. 12, p. 2133, 2004.