

Nb 10 kA/cm² プロセスで作製した磁気結合 SFQ 伝搬回路の特性評価

Evaluation of magnetically-coupling SFQ driver/receiver circuit fabricated using Nb 10 kA/cm² processes

電通大 情報理工 ○曾明裕太, 島田宏, 水柿義直

Univ. of Electro-Comm., ○Y. Somei, H. Shimada, and Y. Mizugaki

E-mail: somei@w8-7f.ee.uec.ac.jp, y.mizugaki@uec.ac.jp

1. 背景と目的

我々は交流電圧標準への応用に向け、SFQ 回路を使用した電圧波形合成回路の研究を行ってきた[1]。その電圧出力部には量子精度で電圧増倍が可能な Double-Flux-Quantum Amplifier (DFQA)を用いている[2]。DFQA の出力電圧向上や、正負の両電圧動作のため、複数の DFQA を直列に接続し、それらに並列的に SFQ を入力する方法が提案されている[1],[3]。DFQA に SFQ を並列入力するには磁気結合 SFQ 伝搬回路が必要となる[4],[5]。本研究では、磁気結合 SFQ 伝搬回路を産業技術総合研究所の Nb 10 kA/cm² プロセスを用いて作製、評価した。

2. 回路構成と測定方法

Fig. 1 に磁気結合 SFQ 伝搬回路の等価回路図を示す。低速測定では、DC/SFQ 変換器によって 1kHz 程度の SFQ パルス列を入力し、磁気結合 SFQ 伝搬回路を通過して出力された SFQ を SFQ/DC 変換器でカウントすることでエラーレートと正常動作するバイアスマージンを評価した。高速測定では、オーバーバイアス法によって数十 GHz の SFQ パルス列を生成し入力を行った。オーバーバイアス用のジョセフソン接合と磁気結合 SFQ 伝搬回路通過後の JTL の平均電圧を比較することで最大動作周波数 f_{IN} を評価した。

3. 測定結果

1 kHz の SFQ にパルス列を 120 個入力した低速測定においては、 $I_{DR}=0.6$ mA の条件下で、 $I_{RC}=0.43 \sim 0.49$ mA の領域でエラーレートが 0 となった。Fig. 2 に高速測定によって得られた入出力電圧特性を示す。黒い直線が $V_{IN}=V_{OUT}$ となる理想特性である。 $I_{RC}=0.46$ mA とした場合、 $V_{IN}=155$ μ V、周波数換算で $f_{IN}=75$ GHz まで理想特性に沿う結果となった。これは DFQA の最大動作周波数である 70 GHz を上回る。このことより磁気結合 SFQ 伝搬回路でのボトルネックを回避しながら、DFQA の並列化の実現が期待できる。

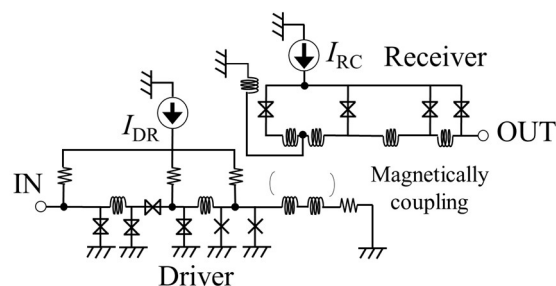


Fig.1 Equivalent circuit of magnetically-coupling SFQ driver/receiver.

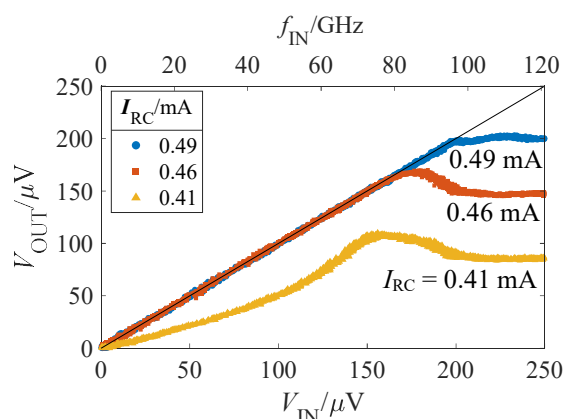


Fig.2 Results of high-speed measurements ($V_{IN}-V_{OUT}$ characteristics).

謝辞

本研究に使用された回路は、産業技術総合研究所の CRAVITY において HSTP、PHSTP プロセスを用いて作製された。本研究の一部は JSPS 科研費 JP17K04979・JP20H02201 の助成と、東京大学 VDEC を通した日本ケイデンス株式会社の協力で行われた。

参考文献

- [1] Y. Mizugaki et al., IEICE Electron. Expr., **13** (2016) 20160242. [2] Q. P. Herr, IEEE Trans. Appl. Supercond. **15** (2005) 259. [3] H. Myoren, et al., IEEE Trans. Appl. Supercond. **28** (2018) 2500304. [4] M. W. Johnson, et al., IEEE Trans. Appl. Supercond. **13** (2003) 507. [5] M. Igarashi, et al., IEEE Trans. Appl. Supercond. **19** (2009) 649.