磁気結合入力を用いた並列入力型 DFQ アンプ

Double-Flux-Quantum Amplifiers with magnetically-coupled parallel input terminals

電通大　情報理工　○曽明裕太，山崎洸生，樋口孔明，島田宏，水柿義直

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

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

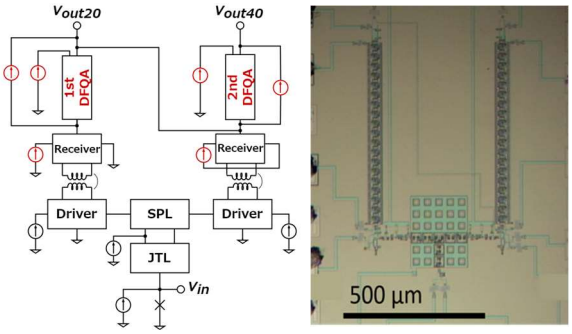
1. 背景と目的

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。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 (DFQ アンプ)を用いている。DFQ アンプの電圧増倍率は、基本構成要素となる 3 接合ループの接続段数にほぼ比例する。一方、入力した SFQ が DFQ アンプ内を伝搬するのに要する時間も接続段数に比例するため、電圧増倍率と遅延時間にはトレードオフの関係が存在する。

本研究では遅延時間を削減する方法として DFQ アンプを 2 つに分割し、それぞれに磁気結合入力部を設けた。

2. 回路設計と試作

入力電圧を+40 倍増幅する「並列入力型+40 倍 DFQ アンプ」と−40 倍増幅する「並列入力型−40 倍 DFQ アンプ」を設計した。



(a) Schematic diagram.　(b) Microphotograph.

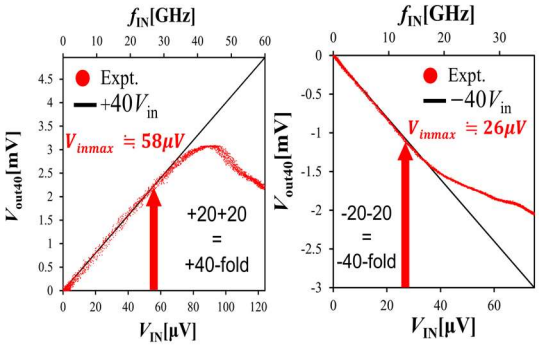
Fig.1　+40-fold parallel-input DFQ amp.

+40 倍 DFQ アンプは Fig.1 のように+20 倍増倍可能な DFQ アンプを 2 つ直列に接続し、それぞれの DFQ アンプに SFQ を並列入力するための磁気結合ドライバーとレシーバを採用した。入力された SFQ は SPL を通過することでドライバーとレシーバを介し同時に DFQ アンプへ伝搬され+40 倍増幅が可能となる。

同様に−40 倍 DFQ アンプも−20 倍増幅 DFQ アンプが 2 つ直列に接続されており、磁気結合ドライバー・レシーバを用いて並列入力される。

3. 結果

測定は液体 He 中で行った。オーバーバイアス法で SFQ パルス列を入力し、オシロスコープで入出力特性を測定した（Fig. 2）。



(a) +40-fold DFQ amp.　(b) −40-fold DFQ amp.

Fig.2 Input-output characteristics of parallel-input DFQ amps.

+40 倍 DFQ アンプでは入力電圧が 58 μV、交流ジョセフソン効果の関係式より SFQ の入力周波数に換算すると 28GHz まで正しく+40 倍することを確認できた。−40 倍 DFQ アンプでは入力電圧が 26 μV、13GHz の入力周波数まで正しく−40 倍増幅することができた。+40 倍増幅と−40 倍増幅 DFQ アンプの最大出力電圧はそれぞれ 2.3 mV、−1.1 mV となった。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 17K04979 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。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、STP2 プロセスを用いて作製された。

参考文献

[1] Q. P. Herr, IEEE Trans. Appl. Supercond. **15** (2005) 259.

[2] Y. Mizugaki et al, IEEE Trans. Appl. Supercond. **29** (2019) 1400105.

[3] M. Igarashi et al, IEEE Trans. Appl. Supercond. **19** (2009) 649.

[4] H. Myoren et al, IEEE Trans. Appl. Supercond. **28** (2018) 2500304.

© 2019年 応用物理学会