

動的に制御可能な超伝導位相制御回路の設計とその評価

Design and Evaluation of Dynamically Controllable

Superconducting Phase Shifting circuit

横国大理工, °山本 竜平, 山梨 裕希, 吉川 信行

College of Engineering, Yokohama National Univ.,

°Ryuhei Yamamoto, Yuki Yamanashi, and Nobuyuki Yoshikawa

E-mail: yamamoto-ryuhei-dk@ynu.jp

1. はじめに

超伝導単一磁束量子(SFQ) 回路中の超伝導電子の波動関数の位相をシフトさせることにより、論理機能の切り替えや配線の削減、低消費電力化など SFQ 回路のさらなる高性能化が期待できる [1]。代表的な位相制御素子として超伝導リング内に磁束を捕捉することで位相を制御する超伝導受動位相シフタが挙げられるが、磁束を確実に捕捉できるわけではないことや、位相の制御の際に素子を昇温する必要があるなどの問題があった[2]。

今回我々は、制御信号入力による確実な位相制御を目的として、外部から SFQ パルスを入力することで確実に位相を制御できる超伝導位相制御回路を設計した。この回路では、制御信号入力による確実で高速な位相の制御が見込まれる。また、素子間の位相差が増えることは、インダクタンスが増えることと等価であり、位相を制御することで回路機能を切り替えることができる[2]。この性質を利用して、この回路の位相がシフトしているかを確認するための回路として、超伝導位相制御回路を用いた JTL/DFE を設計した。

2. 超伝導位相制御回路の動作原理

図 1 にシミュレーションに用いた超伝導位相制御回路の回路図を示す。SFQ パルスが“set”に入力されると、J1 がスイッチし、J1,J2 を含むループに磁束が保持され、ノード 1-2 間に位相差が生じる。位相差がある状態で SFQ パルスが“reset”に入力されると、J2 がスイッチし、保持していた磁束と入力された磁束が打ち消し合うことで初期状態に戻る。

図 2 にシミュレーションに用いた JTL/DFE の回路図を、図 3 にそのシミュレーション結果を示す。ジョセフソン接合の臨界電流密度を 2.5 kA/cm^2 と仮定したシミュレーションにおいて、JTL,DFE の最高動作周波数は 77 GHz であった。また、位相制御による JTL,DFE 機能の最高切り替え周波数は 15 GHz であった。実験結果の詳細は当日に述べる。

謝辞

本研究に使用された回路は、(独)産業技術総合研究所(AIST) の超伝導クリーンルーム(CRAVITY)に

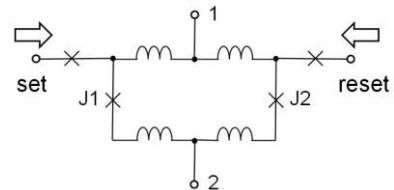


図 1. 提案する超伝導位相制御回路

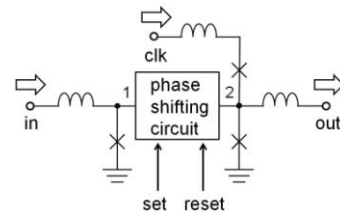


図 2. 超伝導位相制御回路を用いた JTL/DFE phase shifting circuit は図 1 の回路である

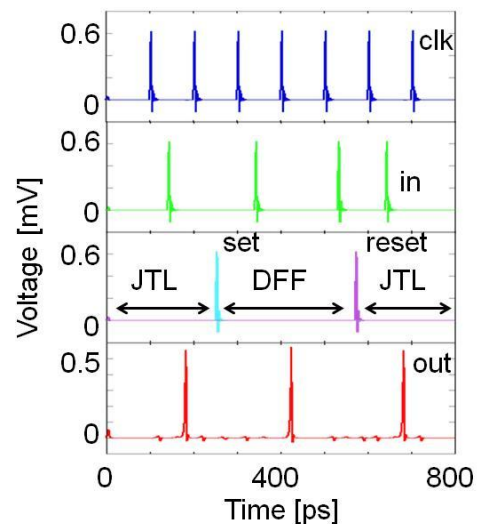


図 3. JTL/DFE のシミュレーション結果

において、作製された。

参考文献

- [1] T. Orllepp et al., Science, vol. 312, pp. 1495–1497, 2006
- [2] O. Mielke et al., Supercond. Sci. Technol., vol. 23, p. 055003, 2010