

C-8-8

低電圧駆動単一磁束量子回路における干渉の評価及び受動線路の測定 Study on the interference and measurement of passive transmission lines for low-power single flux quantum circuits.

滝波拓海
Takumi Takinami伊藤将人
Masato Ito北山敦史
Atsushi Kitayama田中雅光
Masamitsu Tanaka藤巻朝
Akira Fujimaki

名古屋大学

Nagoya University

1. はじめに

単一磁束量子(SFQ: Single flux quantum)回路は、高速動作性及び低消費電力性を有し、受動伝送線路(PTL: Passive Transmission Line)配線技術により、光速での信号伝送が可能であるため、配線遅延・発熱の問題を抱える半導体に代わるデバイスとして注目されている。しかし、極低温で動作させるための冷凍機の消費電力も考慮すると、SFQ回路の更なる低消費電力化が必要である。

SFQ回路の消費電力は、バイアス抵抗で消費される静的消費電力とジョセフソン接合(JJ)のスイッチ時に消費される動的消費電力が主である。我々は、消費電力の大部分を占める静的消費電力を低減すべく、電源電圧を低減した回路の研究を進めている。

また、PTLは線路上にJJが存在しないことから、低電圧駆動SFQ回路に導入することで更なる低消費電力化が期待できる。しかしながら低電圧駆動SFQ回路では、JJのスイッチ時にそのJJに対するバイアス電流が急峻に減少することがわかっている。それに伴い、他のJJのスイッチに干渉を与える他、PTLにおいてはSFQパルスの波高値が減少し、レシーバで信号を受信できない可能性があり、検討の余地がある。

本稿では低電圧駆動SFQ回路における干渉の抑制方法の提案と、PTL配線技術の検討として高速試験における測定結果について述べる。

2. PTLの設計

本研究では電源電圧を従来の2.5mVより低減し、0.5mV、0.05mV、0.02mVに設定した。またドライバ・レシーバのバイアスラインのみにインダクタンスを7.5pH、15pH挿入したものと従来のものを設計し、波高値の低下の抑制について比較できるようにした。

ドライバ前段及びレシーバ後段に低電圧用JTLセルを直列に10個接続することで、電源電圧を低減した部分に含まれる並列なバイアス抵抗を増やし、電流源モデルではなく電圧源モデルとしての評価が可能になる。この時、クロック線のJTLとデータ線のJTLもバイアス電流を別々に供給するよう設計している。これは、クロック線とデータ線のJTLを共通バイアスにした回路の測定結果で出力波形にbitずれが発生していたことを受け、バイアスラインを介して干渉が起こっているのではないかと考えたからである。図1にそれぞれのバイアス供給法の等価回路を示す。

さらに、オンチップで高速試験を行うための高速クロックジェネレータ、入出力インターフェースおよび4bitシフトレジスタを接続した。なお高速クロックジェネレータはある特定の帯域の周波数しか出力できないので、電源電圧ごとに動作しそうな帯域を見積もり設計した。

3. 測定結果

本回路を用いて、動作周波数ごとにドライバ及びレシーバのバイアスマージンを測定し評価した。出力波形にbitずれは発生せず、正常動作が確認できた。

電源電圧0.1mV時の測定結果を図2に示す。バイアスインダクタンスを挿入した回路では+10%ほどマージン幅が広がっている。入力周波数20GHzで十分なマージン幅が得られた。

今後は、ダンピング抵抗、インピーダンスマッチング等の検討に加え、バイアスラインでの干渉に関してもさらに解析を進めていく必要がある。

謝辞

本研究は、科研費(基盤S 22226009)及びJST-ALCAの支援を受けたものである。本研究に用いた回路はISTECのSTP2プロセスを用いて作製した。回路作成には産業技術総合研究所が一部寄与している。

参考文献:

- [1] Y. Yamanashi "Study of LR-Loading Technique for Low-Power Single Flux Quantum Circuits" *IEEE Transactions on applied superconductivity*, vol. 17, No. 2, June 2007.
- [2] 伊藤将人「低消費電力単一磁束量子回路における受動線路の評価」2012年3月

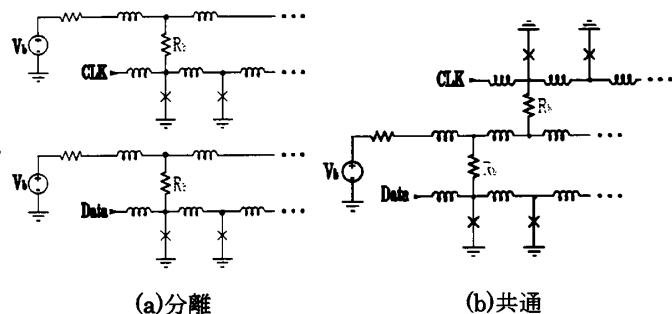


図1 バイアス供給法の違い

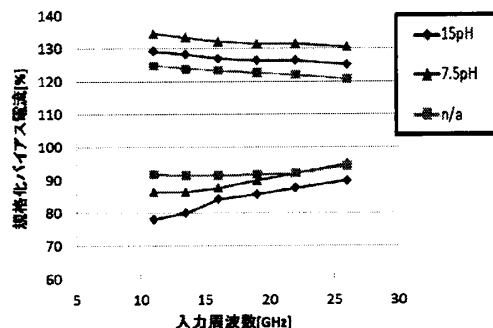


図2 電源電圧0.1mV時の測定結果(レシーバ)