

超伝導回路におけるモートの最適構造及び配置の検討

Investigation on the optimum structure and placement of moats for superconducting circuits

横国大院工 ○今井 響, 山梨 裕希, 吉川 信行

Faculty of Engineering, Yokohama National Univ. °Hibiki Imai, Yuki Yamanashi,

Nobuyuki Yoshikawa

E-mail: imai-hibiki-gk@ynu.jp

1. はじめに

超伝導回路では磁束量子を伝搬し、それを信号として入出力を行う。磁束量子の伝搬は超伝導体で構成されるリングを経由して行うため、外部磁束が印加されるとリングに磁束がトラップされ誤動作を引き起こす要因となる。そこで超伝導回路が構成されているチップの超伝導層にモートと呼ばれる穴を導入し、外部磁束をそこにトラップさせることで超伝導回路への磁束の侵入を防ぐ方法がある[1]。高いためにはこれまでモートの最適な構造・配置については明らかにされておらず、またモートが回路に与える影響も深く研究されてこなかった。そのため本研究ではモートが超伝導回路に与える影響の評価をシミュレーションにより行い、モートの最適な形・レイアウトを検討した。

2. 評価方法

本研究では CAD ツールを用いて設計した配線・モートのインダクタンスおよび結合係数をインダクタンス成分抽出ツールである InductEx[2]を用いて算出し、モートにトラップされた磁束量子により配線にどの程度の磁束が鎖交するか調べた。図 1 にシミュレーションに用いた回路のレイアウトを示す。チップ上の超伝導回路は AIST 2.5 kA/cm² standard process2 で製作された場合、下から ground plane、BAS 層、COU 層、CTL 層の 4 層からなる。それぞれの厚さは 500 nm、400 nm、300 nm、400 nm であり、層間の距離は 400 nm、300 nm、500 nm である。今回、BAS 層にループを配置することで疑似的にモートを再現した。このとき、ループは超伝導回路に用いられている Nb の磁場侵入長(80 nm)分の幅をもつ超伝導ループとみなした。この条件の下でモートと配線の距離によって鎖交磁束の変化を求めた。各モートにはそれぞれ 1 つずつ磁束量子がトラップされていると仮定した。

3. 評価結果

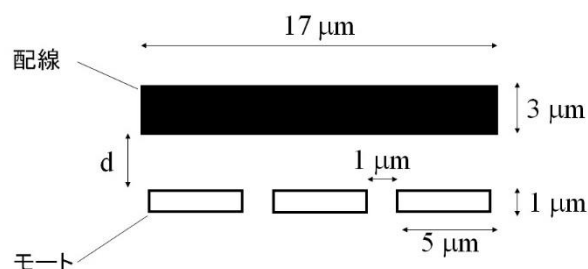
配線とモートとの距離を 0.5~5 μm まで変化させた時の配線に鎖交する磁束の変化を図 3 に示す。距離に応じて鎖交磁束が減衰していることがわかる。このほかにもモートの形や数による鎖交磁束の変化のシミュレーションを行ったが、詳細は当日に発表する。

3. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 26220904 の助成を受けたものである。さらに、チップ試作を伴う研究の場合は本研究に使用されたデバイスは、(独)産業技術総合研究所(AIST)の超伝導クリーンルーム(CRAVITY)において作製された。

4. 参考文献

- [1] Kan Fujiwara et al, "Research on Effective Moat Configuration for Nb Multi-Layer Device Structure," IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 19, no. 3, pp. 603-606, June 2009.
- [2] C. J. Fourier et al, "Three-dimensional multi-terminal superconductive integrated circuit inductance extraction," Supercond. Sci. Technol., vol. 24, pp. 12015, 2011



d: 配線-モート間距離

図 1 シミュレーションに用いた配線・モートのレイアウト。配線は COU 層、モートは BAS 層にループとして配置。

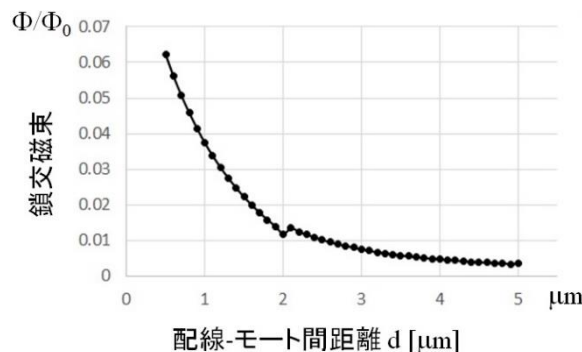


図 2 配線-モート間距離と配線に鎖交する磁束との関係