

C-8-19

破線状モートにおける磁束排除効果の検討

The study of the flux exclusion effect on the broken-line type moat

溝口翔太 井上真澄 藤巻朗
Shota Mizoguchi Masumi Inoue Akira Fujimaki

名古屋大学
Nagoya University

1. はじめに

我々は超伝導回路の誤動作の主要な原因である磁束トラップを低減するため、超伝導薄膜での磁束の挙動を数値計算により解析している。超伝導回路は半導体回路に比べ一桁近く早く動作する高速性を誇り、半導体回路に代わる次世代のデバイスとして期待されている。しかし超伝導回路は外部磁場に弱く、現状では磁気シールドを用いて磁場を遮断しながらの動作を行っている。回路規模が1万接合を超えるような大規模超伝導回路だと2回の測定につき1回程度の割合で外部磁場の影響により磁束トラップが発生し、回路の誤動作を引き起こす。磁束トラップとは残留磁束がジョセフソン接合上残留し接合の臨界電流を低下させる現象である。一般的に残留磁束を接合から排除する方法として超伝導グランドプレーンにモート(堀)を作り、モートに磁束を捕捉する手法がある。

現在までに多くの研究グループが実験的にモートの形状による磁束排除効果の依存性について研究を行ってきたが、定量的に磁束排除効果についての研究はあまり報告されていない。そこで我々のグループでは Time-Dependent Ginzburg-Landau 方程式を用いて残留磁束がモートに捕捉されるまでの挙動を解析することで、磁束排除効果の定量的な評価を行っている。今回はシミュレーションで得られた結果に加えてそれを回路設計に反映し、磁束トラップを実験、数値計算の両面から評価を行った。

2. シミュレーションによる磁束の挙動解析

シミュレーションでは超伝導薄膜中に一つのモートがある場合とその一つのモートを破線状に三分割してモート同士の間隔を変えたもの二つの合計三つのシミュレーションによりボルテックスの挙動を解析した。シミュレーションではグランドプレーンがニオブであることを想定し $\kappa = \lambda/\xi = 2$ とした。またセルサイズにあたるシミュレーションサイズは $7.2\mu\text{m} \times 7.2\mu\text{m}$ 、モートの幅は $0.9\mu\text{m}$ とした。

シミュレーションの結果より得られたボルテックスのモートへの排斥加速度を図1に示す。図1よりモートを破線状に分割することで磁束排除効果が低下していることがわかる。またモート間隔が広がることによる排斥加速度の低下が確認できた。これらの主な原因としてモートの角が影響していると考えている。以前のシミュレーション[1]でモートの角近傍では辺近傍に比べ磁束排除効果が低下しているという結果が得られた。モートが分割化されることにより角が増えたことで排除効果が低下していると考えられる。またモートの間隔が大きくなることで角の排除効果が弱い部分が支配的になりモート同士の間隔が大き

くなることで磁束排除効果の低下に繋がっていると考えられる。

3. 測定による磁束排除効果の検証

今回我々はモートの角近傍で磁束排除効果が低下していることを実験的に検証するため、モートのサイズを統一しジョセフソン接合の位置を変えたものを用意した。それぞれ200個ずつを直列につなげたものに垂直で磁場をかけた状態で測定を行い磁束トラップの発生確率を調べる。今回設計した回路を図2に示す。尚測定結果については当日報告する。

謝辞

本研究の一部は科学研究費基盤研究B(課題番号23360152)により行われた。

参考文献

[1] 溝口翔太, 伊藤大, 井上真澄, 藤巻朗, 信学技報 SCE2012-23 (2012).

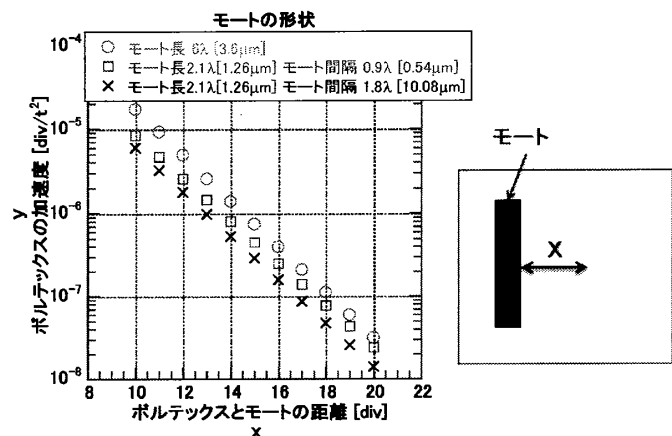


図1. 連続モート(モート長 6λ)と破線状モート(モート長 $2.1\lambda \times 3$)のボルテックスの排斥加速度。横軸の1ディビジョンは 0.15λ 。

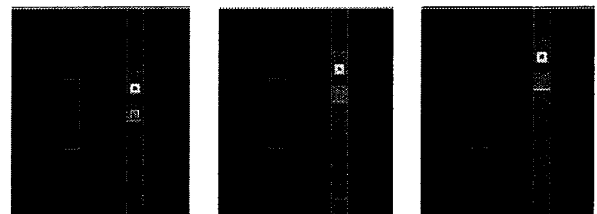


図2. 回路のセル概略図。图中、白線で示した長方形部分がモートとであり、青色の四角の内部にジョセフソン接合が配置されている。左の図がモートの中央寄りに接合があり、右の図がモートの角よりの場所に接合が配置されている。中央の図ではその中間に配置されている。