

強磁性 π 接合を用いた磁束バイアスフリーな磁束型量子ビット

Flux-bias-free flux quantum bit with ferromagnetic π junction

名大工¹, JST さきがけ², 理研³, 情通機構⁴, 東大先端研⁵

○山下 太郎^{1,2}, Zuo Kun³, 浦出 芳郎³, Qiu Wei⁴, 寺井 弘高⁴, 藤巻 朗¹, 中村 泰信^{3,5}

Nagoya Univ.¹, JST PRESTO², RIKEN³, NICT⁴, Univ. Tokyo⁵, °Taro Yamashita^{1,2}, Kun

Zuo³, Yoshiro Urade³, Wei Qiu⁴, Hirotaka Terai⁴, Akira Fujimaki¹ and Yasunobu Nakamura^{3,5}

E-mail: yamashita@nuee.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

近年、超伝導体をベースとした量子計算回路の研究開発が精力的に進められている。量子回路の基本構成要素である量子ビットとしては、トランズモンを始めとして様々なタイプの量子ビットが研究されているが、その中で磁束型量子ビットは GHz オーダーの大きな非調和性を有し、大規模超伝導量子回路を実現するための有力な候補として期待されている。最近では、大きなキャパシタによるシャント構造の採用により、コヒーレンス時間や歩留まりの改善も報告されている[1]。大規模化に向けた磁束型量子ビットにおける大きな課題は、最適動作点へチューニングするために必要な外部磁束制御である。最適動作点では量子ビットの磁束雑音耐性が最も高くなるためコヒーレンス時間が最大となるが、これを実現するためには外部から超伝導ループに半磁束量子を印加する必要がある。ところが複数の量子ビットにより構成される大規模量子回路においては、各ビットにおけるループサイズのばらつきや磁場分布の不均一性により、単一の磁気コイルによって全ての量子ビットを最適動作点に調整することは極めて困難となる。

2. 実験

上記の課題を克服するため、我々は強磁性 π 接合を導入した磁束バイアスフリーな磁束型量子ビットの開発を行った。 π 接合は超伝導/強磁性/超伝導接合により構成され、強磁性体における交換磁場と超伝導オーダーパラメータの相互作用により、両側の超伝導位相差が π となる状態が基底状態となる。この π 接合を磁束型量子ビットへ導入することにより、外部磁束を印加することなく自発的に最適動作点を実現することが期待される[2,3]。今回、 π 接合として NbN/Cu_{0.4}Ni_{0.6}/NbN 接合 (Cu_{0.4}Ni_{0.6} はキュリー温度 200 K の希釈強磁性体) [4] をシリコン基板上に作製し、3つの Al ベースのジョセフソン接合により構成される量子ビットへ組み込んだ (Fig. 1)。量子ビットは NbN/TiN 膜のコプレーナ導波路型共振器と結合している。スペクトロスコピー測定の結果、作製した磁束型量子ビットが磁束バイアスなしに最適動作点で動作することが実証された。講演では、エネルギー緩和時間等、時間領域測定の結果についても詳細に報告する。

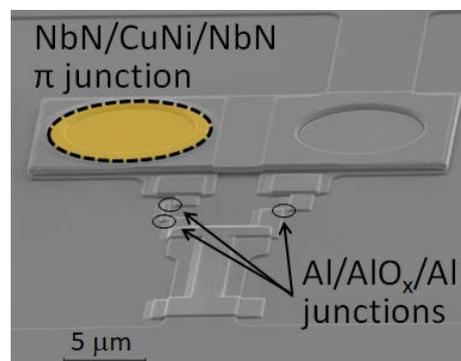


Fig. 1 Scanning electron microscope image of the qubit with π junction.

謝辞 本研究は、JSPS 科研費基盤研究(S)(JP19H05615), 特別推進研究(JP18H05211), JST ERATO (JPMJER1601), MEXT Q-LEAP (JPMXS0118068682)の支援を受けている。

参考文献

- [1] F. Yan *et al.*, Nat. Commun. vol. 7, pp. 12964 (2016).
- [2] T. Yamashita, K. Tanikawa, S. Takahashi, and S. Maekawa, Phys. Rev. Lett. vol. 95, pp. 097001 (2005).
- [3] T. Yamashita, S. Takahashi, and S. Maekawa, Appl. Phys. Lett. vol. 88, pp. 132501 (2006).
- [4] T. Yamashita, A. Kawakami, and H. Terai, Phys. Rev. Appl. vol. 8, pp. 054028 (2017).