超伝導量子ビットに向けた強磁性ジョセフソン接合における臨界電流密度の障壁層膜厚依存性の評価

Characterization of barrier thickness dependence of critical current density in ferromagnetic Josephson junctions for superconducting qubit

名大院工 [1]，情通機構 [2]，JST さきがけ [3] °(M1)加藤 悠輝 [1]，(M2)神谷 智大 [1]，金 鮮美 [2]，丘 偉 [2]，寺井 弘高 [2]，仙場 浩一 [2]，山下 太郎 [1,3]，藤巻 朗 [1]

Nagoya Univ.[1], NICT [2], JST-PRESTO [3], °Haruki Kato[1], Tomohiro Kamiya[1], Sunmi Kim[2], Wei Qiu[2], Hirotaka Terai[2], Kouichi Semba[2], Taro Yamashita[1,3], and Akira Fujimaki[1]

E-mail: kato@super.nuee.nagoya-u.ac.jp

近年、量子計算機の実現に向けて、超伝導量子ビットが注目されている。現在の主要課題としては、スケーラビリティの向上とコヒーレンス時間の改善が挙げられる。

その中で我々は、超伝導磁束量子ビットに強磁性ジョセフソン接合（超伝導体／絶縁体／強磁性体／超伝導体接合）を組み込んだ π 量子ビットの開発に取り組んでいる[1]。π 量子ビットでは、強磁性ジョセフソン接合（π 接合）における位相シフトを利用することで、従来の磁束量子ビットに必要であった外部磁場の印加が不要となるため、スケーラビリティの大幅な向上が期待されている。また、絶縁層を組み込むことにより、従来の超伝導体／強磁性体／超伝導体接合による π 接合[2]に比べ、準粒子散逸に起因するデコヒーレンスの抑制も期待される[3]。これまで我々は、高いコヒーレンス性が期待される TiN バッファ層付き Si 基板[4]を用いた強磁性ジョセフソン接合の作製に成功している (Fig. 1) 。

今回、π 量子ビットの実現に向けた次のステップとして、NbN/AlN/CuNi/NbN からなる強磁性ジョセフソン接合における障壁層（AlN 層及び CuNi 層）膜厚に対する接合特性の評価を行った。現在我々は、3 つの π 接合を含む超伝導ループから構成される π 量子ビットの設計・開発を進めているが、この量子ビットにおいて数 GHz 相当の所望のエネルギーギャップ（基底状態と第一励起状態のエネルギー差）を実現するためには、障壁層を構成する絶縁体 AlN 層及び強磁性体 CuNi 層の各膜厚をサブ nm オーダーで調整することにより、π 接合におけるジョセフソン臨界電流密度を数 A/cm^2 程度に制御することが必要不可欠となる。そこで、TiN バッファ層付き Si 基板上の強磁性ジョセフソン接合に関して、様々な AlN 層及び CuNi 層膜厚を有する素子の作製を行い、障壁層膜厚に対する臨界電流密度の依存性を系統的に評価し、π 量子ビットを実現するために必要となる障壁層膜厚の探索を行った。詳細は講演で報告する。

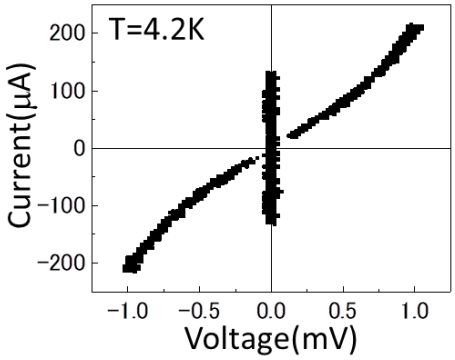

Fig. 1. Current-voltage characteristics of the fabricated NbN/AlN/CuNi/NbN junction on the Si substrate with TiN buffer. The junction area is 40 μm square. The thicknesses of the AlN and CuNi layers are 1 nm and 8nm, respectively.

本研究の一部は、JST さきがけ（課題番号：JPMJPR1669）及び CREST（課題番号：JPMJCR1775）の支援により行われた。

[1] T. Yamashita *et al.*, Appl. Phys. Letts. **88**, 132501 (2006).
[2] T. Yamashita *et al.*, Phys. Rev. Appl. **8**, 054028 (2017).
[3] T. Kato *et al.*, Phys. Rev. B **76**, 172502 (2007).
[4] K. Makise *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond. **26**(3), 1100403 (2016).

© 2019年 応用物理学会