

コバルト障壁層をもつ強磁性ジョセフソン接合の作製と評価

Fabrication of ferromagnetic Josephson junctions with Co barrier

名大工¹, JST さきがけ², ° (M1) 中村 颯¹, (M2) 加藤 悠輝¹,

田中 雅光¹, 山下 太郎^{1,2}, 藤巻 朗¹

Nagoya Univ.¹, JST-PRESTO², °Hayate Nakamura¹, Haruki Kato¹, Masamitsu Tanaka¹,

Taro Yamashita^{1,2}, Akira Fujimaki¹

E-mail: nakamura.19gg@super.nuee.nagoya-u.ac.jp

量子コンピュータの実現に向け、超伝導量子ビットの研究開発が盛んである。我々は、従来の磁束型量子ビットに強磁性ジョセフソン接合 (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進めている[1,2]。既に、障壁層に希釈強磁性体である CuNi を用いた NbN/CuNi/NbN 接合を作製し π 接合実証に成功している[3]。一方で、CuNi は合金であるため、試料面内や成膜回毎における Cu と Ni の組成比のばらつきに起因する磁性層の不均一性や不安定性が懸念される。さらに CuNi は Ni クラスターの形成による磁氣的不均一性の可能性も指摘されており、将来的にはより均一性の高い磁性層を有する π 接合が求められる。

単一元素かつ磁氣的均一性に優れた強磁性体に Co が挙げられるが、これを π 接合の障壁層に用いた例としては Nb/Co/Nb 接合が報告されている[4]。Co は均一性に優れる一方で、CuNi と比べて強い (交換エネルギーの大きい) 磁性体であるため、障壁層での秩序パラメータの減衰長及び周期が小さく、 π 接合を実現するためには Co 障壁層の膜厚をより薄くかつ高精度に制御することが必要となる。

今回我々は、量子ビット応用に適した窒化物超伝導 NbN をベースとした NbN/Co/NbN 接合の作製を行った。超伝導層及び磁性層各々の専用チャンバーを備えたマルチチャンバー成膜装置を用い、直流マグネトロンスパッタリングにより全層を真空を破らずに成膜した。Co 障壁層の膜厚を高精度に制御するため、0.06 nm/s の低い成膜レートで成膜し、膜厚 1 nm の Co 障壁層をもつ接合を作製した。Fig. 1 に、作製した接合面積 $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ の接合に対する電流-電圧

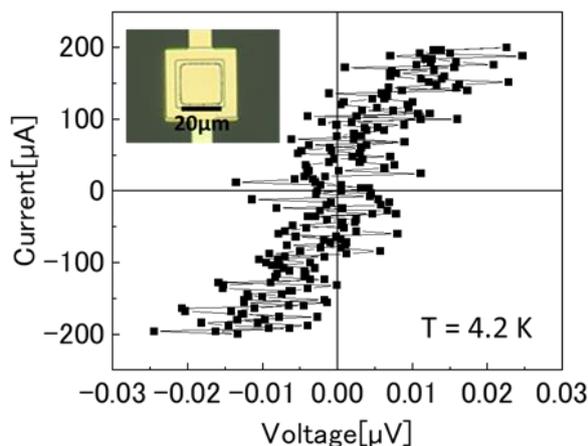


Fig.1 Current-voltage characteristics of NbN/Co/NbN junction on MgO substrate with 1-nm-thick Co layer and area of $20 \times 20 \mu\text{m}^2$. Inset: microphotograph of the junction with area of $20 \times 20 \mu\text{m}^2$.

特性を示す。絶縁層を含まない金属的な接合であるため、 $100 \mu\Omega$ 程度の極めて小さい抵抗が得られた。そのため、使用した微小電圧測定系 (ナノボルトメータ Keithley 2182A) でも明瞭なゼロ抵抗電流は観測できなかったが、 $50 \mu\text{A}$ 近傍に電圧の立ち上がりの兆候を観測した。講演では、異なる Co 膜厚の接合等も含め報告する。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費基盤研究(S)(JP19H05615)、特別推進研究(JP18H05211)の支援を受けている。

参考文献

- [1] T. Yamashita *et al.* Phys. Rev. Lett. vol. 95, pp. 097001 (2005).
- [2] T. Yamashita *et al.*, Appl. Phys. Lett. vol. 88, pp. 132501 (2006).
- [3] T. Yamashita *et al.*, Phys. Rev. Appl. vol. 8, pp. 054028 (2017).
- [4] J.W.A. Robinson *et al.*, Phys. Rev Lett. vol. 97, pp. 177003 (2006).