

# 高コヒーレンスな超伝導量子ビットに向けた 強磁性絶縁体を有するジョセフソン接合

## Josephson Junctions with Ferromagnetic Insulators

### for High-Coherence Superconducting Qubits

東北大院工 °(M2)栗原 大輝, (M1) 本田 浩輝, (M1) 森 優悟,

Pham Duong, 沓間 弘樹, 山下 太郎

Tohoku Univ., °Daiki Kurihara, Koki Honda, Yugo Mori,

Duong Pham, Hiroki Kutsuma, Taro Yamashita

E-mail: daiki.kurihara.p3@dc.tohoku.ac.jp

超伝導量子計算機の基本素子として、主流のトランズモンよりも高い非調和性を有する磁束型量子ビットが注目されているが、動作には磁束バイアスが必要であり集積化が困難である。そこで、強磁性ジョセフソン接合（超伝導/強磁性/超伝導接合、 $\pi$ 接合）の導入により磁束バイアスを不要にする手法が提案されており [1]、最近では磁束バイアスフリー動作の原理実証もなされ 1.5  $\mu\text{s}$  のエネルギー緩和時間が報告されている [2]。しかし、強磁性層として用いられる常伝導金属中での準粒子励起がコヒーレンス特性を抑制している可能性が指摘されている。

そこで我々はコヒーレンス特性の改善に向け、連続準位を持たない強磁性絶縁体に注目している。本研究では、強磁性絶縁体 GdN を備えた、NbN/GdN/NbN 接合を MgO(100)基板上に作製した。各層の成膜は Nb 及び Gd ターゲットを用いて窒素雰囲気中で反応性直流マグネトロンスパッタリングにより行われ、真空を破ることなく 3 層を成膜した。この際、MgO(100)基板直上の NbN 層は 100 方向にエピタキシャル成長しており、接合界面の高い平坦性が期待される。GdN 膜厚 2.0 ~ 4.0 nm の接合を作製し、電流電圧 (I-V) 特性を評価した。Fig. 1 に、GdN 膜厚 3.0 nm の接合の 2.6 K における I-V 特性を示す。図に示すように、超伝導/絶縁体/超伝導 (SIS) 接合同様のアンダーダンプ型の I-V 特性が得られた。ギャップ電圧は 4.4 mV で、NbN ベースの SIS 接合での値である 5.6 mV よりも小さく、GdN からの近接効果により NbN の超伝導ギャップが抑制されていることを示唆している。また、サブギャップ抵抗/常伝導抵抗比は 28.2 と、NbN/AlN/NbN 接合同程度の絶縁特性を示した。講演では、3 つの接合を含んだループにおける臨界電流の外部磁場依存性測定による  $\pi$  状態の評価、および GdN 膜の磁性評価についても報告する。

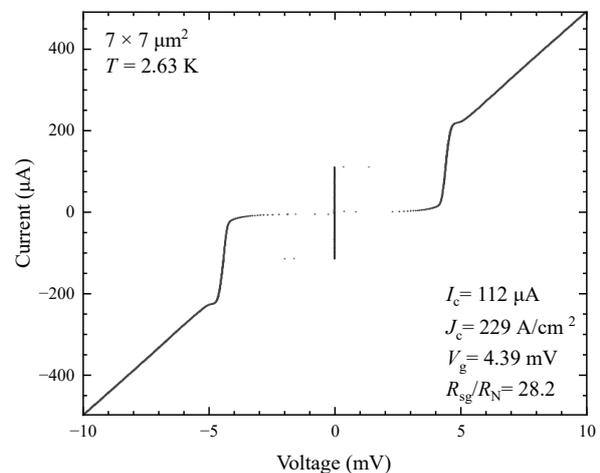


Fig. 1. I-V characteristics of the NbN/GdN/NbN junction at 2.6 K.  $I_c$ ,  $J_c$ ,  $V_g$ , and  $R_{sg}/R_N$  are Josephson critical current, critical current density, gap voltage, and junction quality factor, respectively.

**謝辞** 本研究の一部は、JST ムーンショット型研究開発事業 (JPMJMS2067)ならびに JST CREST(JPMJCR24I5)の助成を受けて実施された。

#### 参考文献

[1] T. Yamashita *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 097001 (2005). [2] S. Kim *et al.*, *Commun Mater* **5**, 216 (2024).