

量子ジョセフソン電圧標準素子の電流供給方法の提案

Novel way of a current supply for Quantum Josephson Voltage Standards.

産総研 ○山森弘毅, 松丸大樹, 丸山道隆, 浦野千春, 金子晋久

AIST ○H.Yamamori, D.Matsumaru, M.Maruyama, C.Urano, N.H.Kaneko

E-mail: h.yamamori@aist.go.jp

電圧標準素子は交流ジョセフソン効果 $V = \frac{h}{2e} f$ により得られるシャピロステップを利用し、2のべき乗個のジョセフソン接合を直列に多数個並べて D/A 変換を実現している。接合アレーはチップ内で**何度も折り曲げて実装**される。超伝導電流はロンドン侵入長の範囲で超伝導体の周辺部を流れるが、曲げた配線の**内周部に電流が集中**する[1]。NbN ジョセフソン接合は、ジョセフソン侵入長が約 $0.5 \mu\text{m}$ と接合の直径 $3.4 \mu\text{m}$ よりも短いため、配線のコーナーの電流の偏りの影響を受けて**見かけの臨界電流が減少**する。これは磁場トラップによる臨界電流の減少と見かけ上区別が付きにくい、磁場トラップと異なり温度上昇によるデトラップでは回復せず、**磁場トラップと同様にシャピロステップの幅を減少**させ D/A 変換のマージンを減少させる。

この電流集中を防ぐために、電流集中部の膜厚を増やす[1]、内周部をギザギザにして外周部と物理的な長さを等しくする[2]などの提案があった。我々は、これらよりも効果が大きく実現が容易な方法を提案する。**バイアス電流よりも大きな臨界電流を有する接合を電流集中部に配置**することで、この接合には配線の電流集中が影響するが、臨界電流が回路を流れる電流よりも十分大きい、ため超伝導配線として機能し、接合アレーには配線の曲がりによる電流集中の影響を防ぐ効果があることを数値シミュレーション（図1）で確認し、動作マージンが大幅に改善することを実験で確認した。（図2）

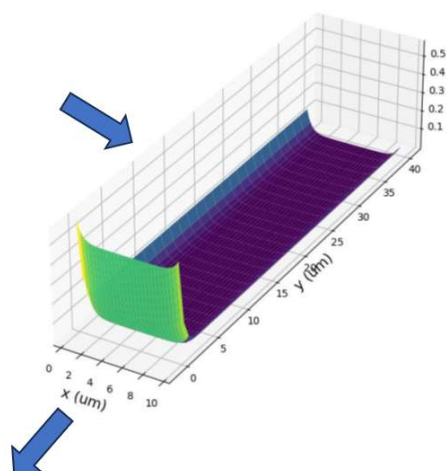


図1、長いジョセフソン接合の電流分布の計算結果、サイズ $10 \mu\text{m} \times 40 \mu\text{m}$

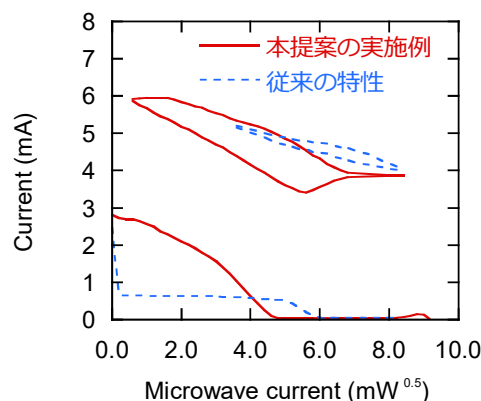


図2 本手法の実験結果
1024 接合アレーのシャピロステップ

1. J.M. Xiong at al., SuST, **35**, p.055015 (2022).
2. H. Kim at al., IEEE TMTT, **57**, pp.442-448 (2009).

本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業「JPNP19005」で得られた成果に基づいています。