

FIB による高温超伝導ナノブリッジジョセフソン接合作製法の検討

A Study of Fabrication of HTS Nanobridge Josephson Junction via Focused Ion Beam

豊橋技科大 ○(D) 林 幹二, (M2) 大谷 涼, 有吉 誠一郎, 田中 三郎

Toyohashi Univ. Technol., °Kanji Hayashi, Ryo Ohtani, Seiichiro Ariyoshi, Saburo Tanaka

E-mail: tanakas@tut.jp

1. はじめに

高温超伝導 SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) は、人工の結晶粒界を利用したバイクリスタル型ジョセフソン接合 (J.J.) が多く使用されている。しかし、バイクリスタル型 J.J. は、直線の粒界上にしか作製できず、特性のバラツキが大きいなどの問題があった。一方で、近年イオン照射による超伝導体への欠陥導入を利用した J.J. 作製が注目されている。そこで、バイクリスタル型 J.J. の代替として、ガリウム収束イオンビーム (FIB) によるナノブリッジ型 J.J. の作製法を検討した。これまでに、膜厚 20 nm の Au 層で保護した膜厚 100 nm の $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (YBCO) 薄膜を加速電圧 40 kV の FIB 照射により幅 50–100 nm のナノブリッジに加工し、77 K で交流ジョセフソン効果の発現を確認した^[1]。一方で、臨界電流 I_c が数百 μA と大きく、制御性も不十分であった。本研究では、YBCO 膜厚をより薄い 50 nm とし、臨界電流の制御性と J.J. 特性の改善を行った。

2. 実験方法

パルスレーザー蒸着 (PLD) 法で SrTiO_3 基板上に膜厚 50 nm の YBCO および膜厚 20 nm の Au を成膜し、フォトリソグラフィおよび Ar イオンミリングで幅 4 μm のマイクロチャネルに加工した。膜厚 50 nm の YBCO 薄膜は、超伝導転移温度 $T_c \sim 89$ K、臨界電流密度 $J_c \sim 3$ MA/cm^2 を示した。マイクロチャネルに加速電圧 40 kV の FIB (Hitachi High-Tech Corp., NB-5000) を照射し、幅 50–150 nm のナノブリッジを作製した。

3. 実験結果

はじめに、マイクロチャネルをライン走査で切断し、照射前後の臨界電流変化量 I_c/I_{c0} の照射量依存性を評価した。Fig.1 に、膜厚 100 nm^[1] および 50 nm の I_c/I_{c0} の照射量依存性を示す。YBCO 膜厚 50 nm のマイクロチャネルは、膜

厚 100 nm と比較して 1/40 程度の 5.0×10^{16} ions/cm^2 で常伝導化した。

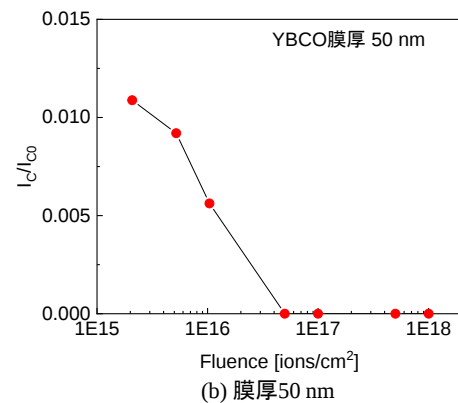
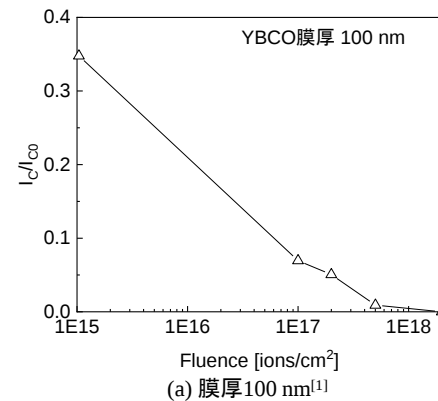


Fig.1 臨界電流変化量 I_c/I_{c0} の照射量依存性

また、幅 100–150 nm のナノブリッジでは、 I_c が数十 μA に低減し、マイクロ波照射により交流ジョセフソン効果を確認した。

4. まとめ

膜厚 20 nm の Au 層で保護した膜厚 50 nm の YBCO 薄膜に FIB を照射し、臨界電流の照射量依存性評価とナノブリッジ作製を行った。その結果、膜厚 50 nm では 100 nm の 1/40 で常伝導化し、幅 100–150 nm のナノブリッジでは、交流ジョセフソン効果を確認した。今後は、ナノブリッジ J.J. の特性改善に加え、マイクロ SQUID の作製を進める。

[1] K. Hayashi *et al.*, "Fabrication of HTS Low-noise Nanobridge Josephson Junction by Gallium FIB," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, **31** (5) 2021.