

ヘリウムイオン顕微鏡技術による 銅酸化物高温超伝導体 YBCO 薄膜の物性制御

Control of physical properties of YBCO thin film with helium ion microscopy

産総研¹, 東大², 東理大³ ○三澤 哲郎¹, 井上陸^{1,3}, 石田 茂之¹, 小川 真一¹, 森田 行則¹,

永崎 洋¹, 内田 慎一^{1,2}, 西尾 太一郎³, 浦野 千春¹

AIST¹, Univ. of Tokyo², Tokyo Univ. of Science³, Tetsuro Misawa¹, Riku Inoue^{1,3}, Shigeyuki Ishida¹,

Shinichi Ogawa¹, Yukinori Morita¹, Hiroshi Eisaki¹, Shin-ichi Uchida^{1,2}, Taichiro Nishio³,

Chiharu Urano¹

E-mail: tetsuro-misawa@aist.go.jp

はじめに 2つの超伝導体を金属や絶縁体のトンネル障壁層で隔てたジョセフソン接合は、電流バイアス下でマイクロ波を照射することで量子化された電圧を発生するため、量子電圧標準として用いられている。超伝導体として Nb (超伝導転移温度 $T_c = 9.2$ K) や NbN ($T_c = 16$ K) を用いたジョセフソン接合は確立しているが、高い T_c を持つ銅酸化物高温超伝導体によるジョセフソン接合形成は、コヒーレンス長が数ナノメートル程度と短く高品質なトンネル障壁層の作製が難しく確立していない。ところが近年、ヘリウムイオン顕微鏡 (HIM) を利用しサブナノメートル径に収束したヘリウムイオンビーム照射による YBCO 薄膜特性を局所的に制御する手法が提案され、新たな展開を迎えている[1]。本論文では、YBCO ジョセフソン素子の作製へ向け、HIM 技術による YBCO 薄膜の物性制御に取り組んだ結果を述べる。

実験方法・結果 LaAlO₃ および LSAT 基板に CeO₂ (40 nm)、YBCO (25 nm) を成膜し、保護膜として Au (100 nm) を積層した (Ceraco 社製、 $T_c = 84.3$ K)。フォトリソグラフィおよび Ar イオンミリングにより幅 4 μm 、長さ 20 μm の 4 端子マイクロブリッジ素子を形成した。ブリッジ部の Au 層は Ar イオンミリングにより除去した。作製した素子はいずれも良好な超伝導特性 ($T_c \approx 80$ K) を示した。作製した YBCO 素子に HIM を用い、加速電圧 30 kV、0.35 nm 径程度の収束ヘリウムイオンビームを描画幅 (t)、ドーズ量を制御し走査照射した。その結果、超伝導特性に変化が生じ YBCO 薄膜ブリッジの臨界電流特性を系統的に制御できることがわかった。(Fig. 1 b—d)。この物性変化は、ヘリウムイオンビーム照射により YBCO 薄膜内に局所的な酸素欠陥領域が生じたためと考えられる。

謝辞 研究に関する助言を頂いた UC Riverside 校 S. A. Cybart 教授、HIM 装置の運用に関し産総研 TIA 推進センター 飯島智彦氏に感謝致します。この成果は、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) の委託業務 (JPNP19005) の結果得られたものです。本研究は JSPS 科研費 20H02631 の助成を受けて行われました。

[1] S. A. Cybart *et al.* Nature Nanotechnology **10**, 598–602 (2015)

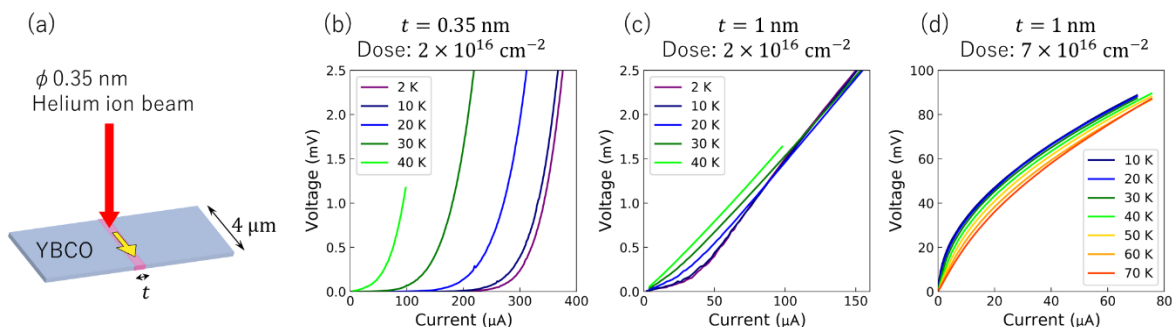


Fig.1 (a) Schematic picture of irradiation of YBCO thin film with the helium ion beam with irradiation width t . (b)—(d): IV characteristics of YBCO bridges irradiated with different irradiation area size (corresponds to junction width), t , and doses of helium ions : (b) $t = 0.34$ nm, Dose: $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$, (c) $t = 1$ nm, Dose: $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$, (d) $t = 1$ nm, Dose: $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$.