

酸化物強磁性絶縁体/超伝導体トンネル接合の作製

Fabrication of oxide ferromagnetic insulator/superconductor tunnel junctions.

東大物性研 ○原田 尚之、ミッコ マトヴィエフ、高橋 竜太、ミック リップマー

ISSP Univ. of Tokyo ○Takayuki Harada, Mikko Matvejeff, Ryota Takahashi, Mikk Lippmaa

E-mail: tharada@issp.u-tokyo.ac.jp

[はじめに] 強磁性絶縁体を障壁として用いたジョセフソン素子が、磁束量子ビットのデコヒーレンス時間を長くするのに有望であることが理論的に提案されてきた。しかし、強磁性絶縁体を障壁とするジョセフソン素子は、近年 NbN/GdN/NbN において初めて報告されただけであり、未開拓な段階にある。[1] 本研究では、ペロブスカイト型強磁性絶縁体を障壁とする、ジョセフソン素子の開発を目的とした。これまでに強磁性金属を障壁とするジョセフソン素子は幾つか報告されているが、その多くが強磁性金属と非磁性金属の合金、つまり弱い強磁性体を用いている。通常の超伝導体中では、スピンの向きが反平行の二つの電子が、スピン1重項の対を作るのに対し、強磁性体中では、スピンは交換相互作用によって平行に揃おうとするため、超伝導と強磁性は互いに競合する。このことを考慮すると、強磁性体を通したジョセフソン電流を得るには、弱い強磁性体を利用するのが有利であると考えられる。そこで、本研究ではまず、弱い強磁性絶縁体を開発し、[2] これまでに確立した強磁性トンネル接合の作製技術 [3] と組み合わせて、強磁性絶縁体/超伝導体トンネル接合の作製を行った。

[実験と結果] パルスレーザー堆積法を用いて、エピタキシャル $\text{Pr}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Mn}_{1-y}\text{Sc}_y\text{O}_3$ (PCMSO: 強磁性絶縁体) ($0 < y < 0.5$) / $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ (LSCO: 超伝導体) 薄膜を、 SrTiO_3 (001) 基板上に作製した。酸素欠損を補償するため、薄膜成長後に、酸素分圧 500 Torr にて1時間アニールを行った。図1(a)にLSCO下部電極の原子間力顕微鏡 (AFM) 像を示す。LSCO 薄膜のらせん成長に由来する渦状の構造が見られ、渦構造中のステップはLSCOのc軸長の半分と一致した。PCMSOトンネル障壁堆積後も同等のモフォロジーを保っており、トンネル接合を作製するのに十分な平坦性が得られている。作製した酸化物積層膜に、Nb/Au 上部電極を堆積し、フォトリソグラフィと Ar イオンミリングを用いて、最小接合面積 $8 \times 8 \mu\text{m}^2$ のトンネル接合を作製した。伝導特性は、四端子法で測定した。直流および交流電流を印加し、接合での電圧降下を測定することで、素子の電流-電圧 (I-V) 特性と、微分コンダクタンス曲線 (dI/dV -V) を得た。図1(b)に示すように、オーバーダンブ接合に見られる、非線形な I-V 特性が得られた。

[参考文献]

- [1] K. Senapati *et al.*, Nat. Mater. **10**, 849 (2011).
 [2] T. Harada *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **82**, 014801 (2013). [3] T. Harada *et al.*, Phys. Rev. Lett. **109**, 076602 (2012); T. Harada *et al.*, Adv. Funct. Mater. **22**, 4471 (2012).

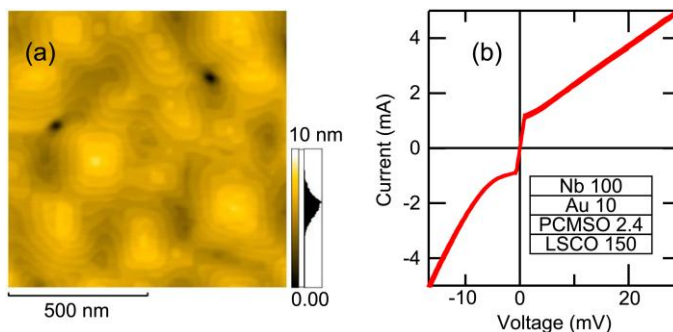


図 1: 下部電極の表面形状と素子特性 (a) LSCO 下部電極の AFM 像 (b) Nb/Au/PCMSO ($y=0.1$)/LSCO トンネル接合の I-V 特性。挿入図の数値は膜厚 (nm)