

無限層構造 CaCuO_2 /異種酸化物ヘテロ構造における電気伝導性向上Enhanced conductivity in infinite-layer CaCuO_2 /transition metal oxide heterostructures

NTT 物性研 °池田 愛, Yoshiharu Krockenberger, 谷保 芳孝, 山本 秀樹

NTT BRL, °Ai Ikeda, Yoshiharu Krockenberger, Yoshitaka Taniyasu, Hideki Yamamoto

E-mail: ai.ikeda.sg@hco.ntt.co.jp

無限層 (IL) 構造 CaCuO_2 (CCO) は、超伝導転移温度が 100 K を超える多層系高温超伝導体の結晶構造に共通して含まれることが知られている。多層系高温超伝導体は伝導層である CuO_2 面と絶縁層との自然超格子と見なせる一方、IL-CCO 層と絶縁体である SrTiO_3 (STO) とのヘテロ構造・人工超格子を作製することで、 $(\text{CCO})_n/(\text{STO})_m$ が約 50 K で超伝導転移することも報告されている [1]。本研究では、格子整合性、及び、成長条件が IL-CCO と適合するブラウンミレライト構造 $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ (CFO) と IL-CCO とのヘテロ構造を作製し、積層化することで電気伝導度が増大することを見出したので報告する。

原子状酸素を酸化源とした分子線エピタキシー法を用いて IL-CCO と CFO の積層構造を作製した。基板は格子整合の良い $(\text{LaAlO}_3)_{0.3}(\text{SrTa}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{O}_3)_{0.7}$ (LSAT) 基板を用いた。まず、基板温度 630 °C で膜厚 $t = 30 \text{ nm}$ ($n \sim 20 \text{ u.c.}$) の CFO 薄膜を成長し、その上に IL-CCO 薄膜を $t = 60 \text{ nm}$ ($m \sim 188 \text{ u.c.}$) 成長した。X 線回折測定 ($2\theta/\omega$ スキャン)

により、CFO 薄膜は LSAT 基板上に b 軸配向して成長し、その上に c 軸配向した IL-CCO が成長していることがわかった。

300 K での電気抵抗率 $\rho(300 \text{ K})$ は 590 $\text{m}\Omega\text{cm}$ を示し、抵抗率の値、及び、温度依存性共に LSAT 基板上に直接成長した IL-CCO と同じ絶縁体的な特性を示した (図 1) [2,3]。一方、同じ成長条件を用いて、それぞれ CFO ($n \sim 0.67 \text{ u.c.}$) と IL-CCO ($m \sim 12 \text{ u.c.}$) の成長を交互に $N = 15$ 回繰り返すことで作製した $(\text{CCO})_{12}/(\text{CFO})_{0.67}$ ヘテロ構造の抵抗率は 2 桁程度減少し、 $\rho(300 \text{ K})$ は 7.4 $\text{m}\Omega\text{cm}$ と見積もられた。試料は、成長後に酸化雰囲気中で 200 °C まで降温しているが、IL-CCO や CFO を単独で成膜し、同条件で降温した場合には絶縁体であることを確認している。ヘテロ構造化、及び、酸化雰囲気中での降温処理による電気伝導度の増大は $(\text{CCO})_n/(\text{STO})_m$ 人工超格子の実験結果と整合しており、銅酸化物高温超伝導体(自然超格子)の T_c が多彩な電荷貯蔵層によって異なることを考慮すると、IL-CCO と人工超格子を構成する絶縁物質の組み合わせにより、 T_c を制御できることが示唆される。

[1] D. Di Castro *et al.*, *Phys. Rev. B*, **86**, 134524 (2012).

[2] Y. Krockenberger, A. Ikeda *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **124**, 073905 (2018).

[3] A. Ikeda *et al.*, *Phys. Rev. Materials*, **3**, 064803 (2019).

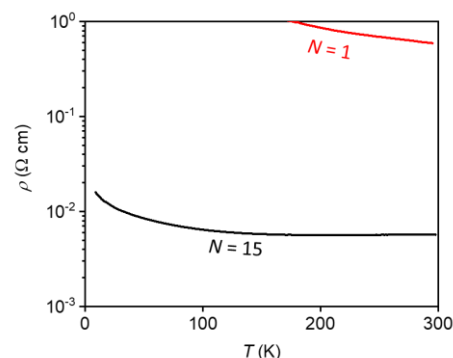


図 1. $N = 15$ $(\text{CCO})_{12}/(\text{CFO})_{0.67}$ と $N = 1$ $(\text{CCO})_{188}/(\text{CFO})_{20}$ ヘテロ構造の電気抵抗率の温度依存性の比較。