

MBE 法により作製した新規高温超伝導体 $(\text{CaCuO}_2)_n/(\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5)_m$ 人工超格子

Novel superconducting $(\text{CaCuO}_2)_n/(\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5)_m$ superlattices prepared by MBE

NTT 物性科学基礎研究所 °池田 愛, Yoshiharu Krockenberger, 谷保 芳孝, 山本 秀樹

NTT Basic Research Laboratories, °A. Ikeda, Y. Krockenberger, Y. Taniyasu, H. Yamamoto

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

100 K 以上の超伝導転移温度を有する銅酸化物高温超伝導体の結晶構造は、伝導面である多層の無限層構造 (IL) CaCuO_2 層とそれを挟む絶縁体層とでユニットセルが構成された自然超格子と見なせる。一方、IL- CaCuO_2 とペロブスカイト構造 SrTiO_3 を組み合わせた人工超格子 $(\text{CaCuO}_2)_n/(\text{SrTiO}_3)_m$ でも約 50 K の超伝導転移が報告されており [1]、高温超伝導は、IL- CaCuO_2 と異種絶縁体層との超格子構造で普遍的に発現することが示唆される。このため、絶縁体層の種類や n, m の組み合わせの最適化により、更に高い T_c を持つ超格子構造の創製が期待できる。これまでの他グループによる研究では、絶縁体層が SrTiO_3 の場合でのみ超伝導転移が報告されていたのに対し、我々は、ブラウンミレライト構造 $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ を絶縁体層に用いたヘテロ構造や人工超格子構造 $(\text{CaCuO}_2)_n/(\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5)_m$ を作製し、電気伝導度が 2 桁以上増大することを報告してきた [2]。本発表では、成膜・積層条件を更に最適化することで、この超格子が超伝導化したことを報告する。

$[(\text{CaCuO}_2)_n/(\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5)_m]_N$ 人工超格子の作製には、原子状酸素を酸化源とした分子線エピタキシー (MBE) 法を用いた。IL- CaCuO_2 、及び、 $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ に格子整合する $(\text{LaAlO}_3)_{0.3}(\text{SrTa}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{O}_3)_{0.7}$ (LSAT) 基板上に、基板温度 $T_s = 590\text{-}610$ °C で $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ を $t \sim 1$ nm、引き続いて IL- CaCuO_2 を $t \sim 4.0\text{-}5.5$ nm 成長し、それを $N = 11\text{-}15$ 回繰り返した。それぞれの層数 (n, m) は、IL- CaCuO_2 は $n \sim 12\text{-}17$ ユニットセル、 $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ は、ペロブスカイト構造と見立てた時に $m \sim 3$ ユニットセルに相当する。

成膜後は、原子状酸素を照射したまま 140 °C まで冷却した。図 1 に超伝導転移する試料の代表的な電気抵抗率 ρ の温度 T 依存性を示す。 $\rho(T)$ は温度の低下と共に減少し、22 K でゼロ抵抗を示した。 $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ はバルクではネール温度 720 K の反強磁性絶縁体であることが知られている [3]。本結果は、超格子構造の形成により、絶縁体層の磁氣的性質に依らずに新規高温超伝導物質の創製が可能であること、並びに、絶縁体層による IL- CaCuO_2 層即ち CuO_2 面の欠陥低減 [4-5] を通じて超伝導が発現することを示唆している。

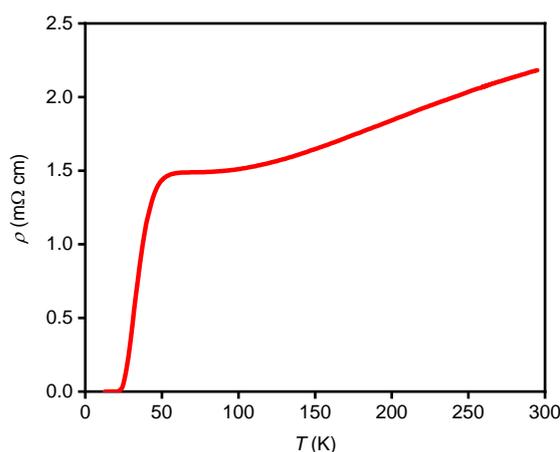


図 1. $[(\text{CaCuO}_2)_{17}/(\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5)_3]_{11}$ 人工超格子の電気抵抗率 ρ の温度 T 依存性。

[1] D. Di Castro *et al.*, Phys. Rev. B, 86, 134524 (2012). [2] A. Ikeda *et al.*, 第 80 回応用物理学会 秋季学術講演会 19p-C213-7. [3] T. Takeda *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 24, 3, 446 (1967). [4] Y. Krockenberger, A. Ikeda *et al.*, J. Appl. Phys. 124, 073905 (2018). [5] A. Ikeda *et al.*, Phys. Rev. Mat. 3, 064803 (2019).