

ドメイン構造と酸素量の変調による LaCuO_x 薄膜の輸送特性制御Electrical transport of LaCuO_x thin films with different domain structure and x values東大院理¹, KAST²○小野塚智也¹, 近松彰¹, 廣瀬靖^{1,2}, 長谷川哲也^{1,2}Univ. of Tokyo¹, KAST²°T. Onozuka¹, A. Chikamatsu^{1,2}, Y. Hirose^{1,2}, and T. Hasegawa^{1,2}E-mail: t-onoz@chem.s.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】ペロブスカイト型酸化物は、構成する金属元素の種類によって正方晶・斜方晶・単斜晶のような歪んだ結晶構造を取る。このような歪んだ物質を対称性の高い基板上に薄膜成長させると 90°ドメインが形成されるが、このドメイン構造の変調による誘電特性や磁性の制御が近年盛んに行われている。中でも酸素欠損型ペロブスカイト $\text{ABO}_{2.5}$ は一般に ABO_3 よりも大きな単位格子を有し、構造の異方性が大きい。例えば、立方晶基板上に成長させた $\text{SrMnO}_{2.5}$ 薄膜では「迷宮型」と呼ばれる特異なドメインパターンを示すことが最近示された[1]。本研究では $\text{SrMnO}_{2.5}$ と同じ構造である $\text{LaCuO}_{2.5}$ に着目し、基板対称性によるドメイン構造の制御を行った。更に、過剰酸素の導入によって結晶の対称性と輸送特性が劇的に変化する[2]ことを利用し、ドメイン構造との相乗効果による電気輸送特性の変調を試みた。

【実験手法】酸素量 x の異なる LaCuO_x エピタキシャル薄膜をパルスレーザー堆積法を用いて作製した。基板には立方晶 SrTiO_3 (STO) (001)及び面内異方性を持つ斜方晶 NdGaO_3 (NGO) (110)を用い、成長温度は 600°C、酸素分圧 200 mTorr とした。製膜後の冷却時に酸素分圧を 200 mTorr (as-grown 膜) もしくは 700 Torr (酸化膜) とすることによって、 x を制御した。薄膜の結晶系を二次元検出器を用いた X 線回折で決定した他、その表面構造を原子間力顕微鏡(AFM)で観察し、電気輸送特性を 2 端子法 (as-grown 膜) および 4 端子法 (酸化膜) で測定した。

【結果と考察】X 線回折の結果において、両基板で作製した薄膜とも、as-grown 膜では斜方晶相($2.5 \leq x < 2.6$)に、酸化膜では単斜晶相($2.6 < x < 2.8$)に対応する超構造ピークがそれぞれ観測され、酸素量の異なる 2 種類の薄膜が作製できたことが確かめられた。AFM による観察では(Fig. 1)、STO 上では迷宮型ドメインが見られた一方、NGO 上では一次元の縞状ドメインが成長したことが明らかになった。これは、基板表面の対称性が 4 回対称(STO)から 2 回対称(NGO)に変化した結果、ドメインの成長方向も制限されたためと推測される。

バルク体の先行研究において、斜方晶 LaCuO_x は半導体的、単斜晶 LaCuO_x は金属的な電気輸送特性を示すことが知られている[2]。実際、作製した薄膜の ρ - T カーブ(Fig. 2)でも酸化による絶縁体—金属転移が再現されている。一方、それぞれについて基板依存性をより詳しく調べると、NGO 上ではドメインと平行方向のほうが垂直方向より電気を流しやすく、STO 上では NGO 上の二者の間の抵抗率となることが明かされた。これらの結果は、基板の対称性を活用することによって薄膜のドメイン構造を劇的に変化させ、さらに物性を制御することが可能であることを示している。

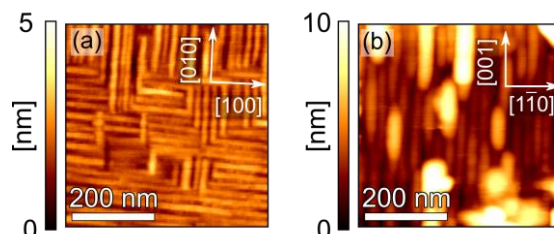
[1] S. Kobayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **102**, 7 (2013).[2] J. F. Bringley *et al.*, Phys. Rev. B **47**, 15269 (1993).

Fig. 1 AFM images of as-grown LaCuO_x films on (a) STO (001) and (b) NGO (110) substrates.

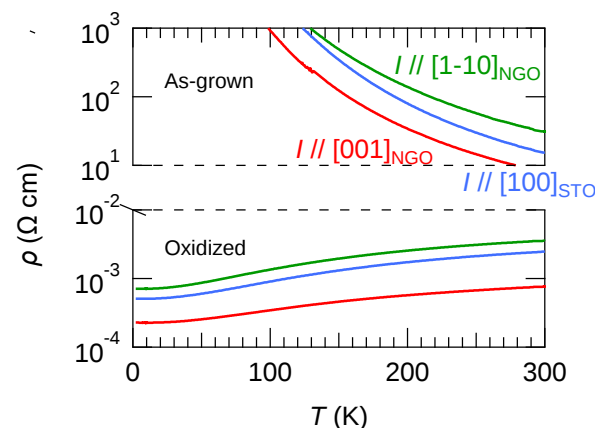


Fig. 2 Resistivity vs. temperature plots of as-grown and oxidized LaCuO_x films. “I // [hkl]” denotes the direction of electrical current applied on each sample.