

無限層  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{CuO}_2$  薄膜の圧縮歪効果Compressive Strain Effects of Infinite Layer  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{CuO}_2$  Thin Films

°作間 啓太, 伊藤 雅崇, 何 軼倫, 羽尻 哲也, 植田 研二, 浅野 秀文 (1.名大院工)

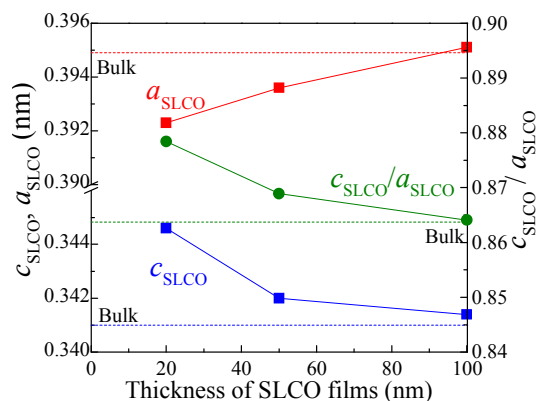
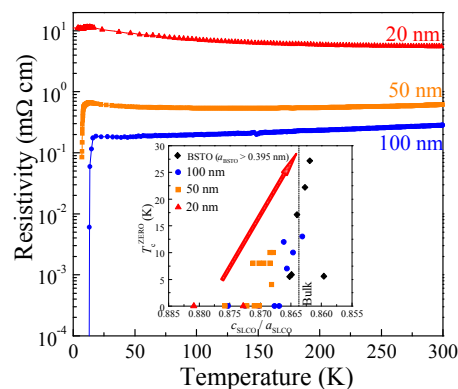
°Keita Sakuma, Masataka Ito, Yilun He, Tetsuya Hajiri, Kenji Ueda, Hidefumi Asano (1.Nagoya Univ.)

E-mail: sakuma.keita@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

**背景** : 無限層  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{CuO}_2$  (SLCO;  $c_{\text{SLCO}} = 0.3411$  nm,  $a_{\text{SLCO}} = 0.3949$  nm for  $x = 0.1$ ) は面内引張歪を受ける  $\text{KTaO}_3$  (~0.399 nm) 基板上ではバルク値 ( $T_c \sim 42$  K) に近い超伝導転移温度が得られ、面内圧縮歪を受ける  $\text{SrTiO}_3$  (~0.390 nm) 基板上では超伝導をほとんど示さないことが知られている<sup>1)</sup>。これは、面内引張歪では超伝導を抑制する過剰な頂点酸素 ( $\text{O}_{\text{apex}}$ ) の除去が容易になるためだと考えられているが、詳細は明らかではない。我々は Ba/Sr 比の異なる  $\text{Ba}_y\text{Sr}_{1-y}\text{TiO}_3$  (BSTO; 0.390 ~ 0.399 nm) を用いることにより、 $c$  軸成長 SLCO 薄膜の歪を精密に制御し歪効果の解明を試みてきた<sup>2)</sup>。本研究では、SLCO の歪効果解明のため、 $c$  軸成長膜の面内圧縮歪を系統的に変化させ、圧縮歪効果を調べた。

**実験方法** : SLCO ( $x = 0.1$ ) 薄膜はスパッタ法を使用して、基板温度 570°C において BSTO ( $y = 0.2 \sim 0.4$ ) バッファ層上に膜厚 20 ~ 100 nm として製膜した。その後、超伝導化のため、還元アニール処理を 530°C で行った。BSTO バッファ層の面内格子定数 ( $a_{\text{BSTO}}$ ) は 0.392 ~ 0.394 nm であり、SLCO との格子不整合率 ( $\delta$ ) は -0.7 ~ -0.2% となる。そのため、SLCO 薄膜に面内圧縮歪の印加が可能である。

**結果** : 図 1 に  $c$  軸成長 SLCO 薄膜の  $c_{\text{SLCO}}$ ,  $a_{\text{SLCO}}$  の膜厚依存性を示す。ここでバッファ層の  $a_{\text{BSTO}}$  は ~0.392 nm であり、製膜、還元条件は同一である。膜厚 20 nm では  $a_{\text{BSTO}}$  と  $a_{\text{SLCO}}$  (0.3923 nm) がほぼ等しく、面内圧縮歪を受けている。膜厚の増加に伴い歪緩和し、 $a_{\text{SLCO}}$  がバルク値に近づき、 $c_{\text{SLCO}}$  および  $c_{\text{SLCO}}/a_{\text{SLCO}}$  は減少した。 $c_{\text{SLCO}}$  の減少は  $\text{O}_{\text{apex}}$  が減少したためだと考えられる。図 2 に SLCO 薄膜の  $\rho(T)$  特性を、挿入図に  $T_c$  の  $c_{\text{SLCO}}/a_{\text{SLCO}}$  依存性を示す。黒菱形は面内引張歪 SLCO 薄膜の結果である。 $a_{\text{SLCO}}$  の増加に伴い伝導特性が向上し超伝導転移が見られた。また、 $c_{\text{SLCO}}/a_{\text{SLCO}}$  の減少に伴い、 $T_c$  が上昇した。現在までに、我々は還元処理を行っても  $\text{O}_{\text{apex}}$  が十分に除去されない原因の 1 つが  $\text{CuO}_2$  面から  $\text{O}_{\text{apex}}$  サイトへの酸素シフトであることを明らかにし<sup>3)</sup>、面内引張歪 SLCO 薄膜においてその酸素シフトの生じやすさと歪量に關係があることがわかっている<sup>2)</sup>。そのため、 $c_{\text{SLCO}}/a_{\text{SLCO}}$  の減少に伴う  $T_c$  の上昇は、面内圧縮歪 SLCO 薄膜においても酸素シフトが生じ、面内圧縮歪量 (*i.e.*  $a_{\text{SLCO}}$ ) の減少に伴い酸素シフトが抑制されたためだと考えられる。面内圧縮、引張歪の研究から、SLCO の歪効果は酸素シフトに由来することがわかった。

1) S. Karimoto *et. al.* Appl. Phys. Lett. **84**, 2136 (2004)2) Y. He *et. al.* IEEE Trans. Appl. Supercond. **25**, 7501204 (2015)3) K. Sakuma *et. al.* Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 053101 (2015)Fig. 1 Dependence of  $c_{\text{SLCO}}$ ,  $a_{\text{SLCO}}$ , and  $c_{\text{SLCO}}/a_{\text{SLCO}}$  on film thickness.Fig. 2  $\rho - T$  curves of SLCO films. The inset is dependence of  $T_c$  on  $c_{\text{SLCO}}/a_{\text{SLCO}}$ .