

面方位制御 $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ 薄膜における電荷不均化の膜厚依存性

Thickness dependence of charge disproportionation in orientation-controlled $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ thin films

襲原 誠人^{1,2,*}、北村 未歩¹、和達 大樹³、中尾 裕則^{1,2}、熊井玲児^{1,2}、
村上 洋一^{1,2}、組頭 広志^{1,2}

¹高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

²総合研究大学院大学 物質構造科学専攻, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

³東京大学物性研究所, 〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

Makoto Minohara^{1,2,*}, Miho Kitamura¹, Hiroki Wadati³, Hironori Nakao^{1,2}, Reiji Kumai^{1,2},
Youichi Murakami^{1,2}, and Hiroshi Kumigashira^{1,2}

¹Photon Factory, High Energy Accelerator Research Organization, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

²Department of Materials Structure Science, SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

³Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo, Kashiwa, Chiba 277-8581, Japan

1. はじめに

ペロブスカイト型酸化物 $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ では、[111] 方向に沿って(111)面内で秩序化した Fe^{3+} 層と Fe^{5+} 層が 2:1 の割合で配列する電荷秩序（電荷不均化）が起こることが知られている^[1]。そのため、この電荷不均化は、有限の厚さを持つ薄膜の場合、結晶方位の違いによって異なる膜厚依存性を示すことが期待される。そこで今回我々は、成長方位の異なる $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ 薄膜における電荷不均化の膜厚依存性について調べたので報告する。

2. 実験

$\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ 薄膜は、パルスレーザー堆積法により SrTiO_3 (001) および (111) 基板上に作製した。薄膜の膜厚制御は、製膜中における反射高速電子回折像の強度振動観測により行った。試料の電気抵抗測定は、四端子法で行った。試料の結晶性を評価するため、KEK-PF BL-4C の六軸回折計および BL-7C の RIGAKU Smart Lab.を用いて、放射光 X 線回折測定を行った。

3. 結果および考察

図 1 に膜厚 t を変えた $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ (111)薄膜における電気抵抗率の温度依存性を示す。 $t = 44$ nm の試料では、190 K 付近に電荷不均化転移に起因する抵抗率の変化が見られる。この変化は膜厚の減少とともに不明瞭になり、 $t < 13$ nm の試料ではほぼ消失し

ている。このことは、臨界膜厚 10 数 nm で電荷不均化転移が抑制されていることを示唆している。

電気抵抗測定の結果から電荷不均化転移温度 (T_{CD}) を決定して得た $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ (111)薄膜および(001)薄膜の電子相図を図 2 に示す。成長方位の違いによらず、 T_{CD} は膜厚に対してほとんど変化していないことがわかる。さらに、電荷不均化が消失する臨界膜厚も両者共にほぼ同じであった。このことは、 $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ の電荷不均化状態における等方的な電荷秩序ドメインの形成を反映しているものと考えられる^[2,3]。

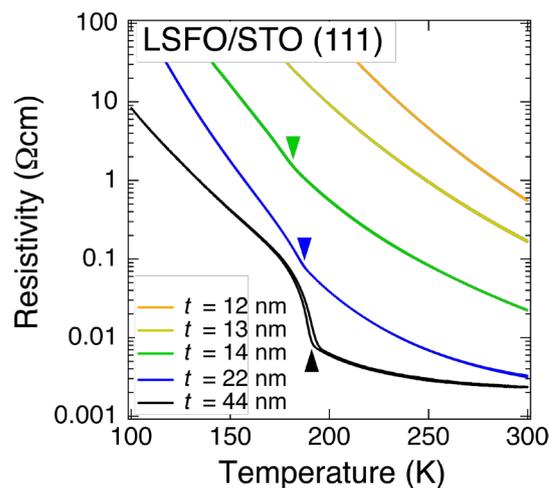


図 1 種々の膜厚の $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ (111)薄膜における電気抵抗率の温度依存性。

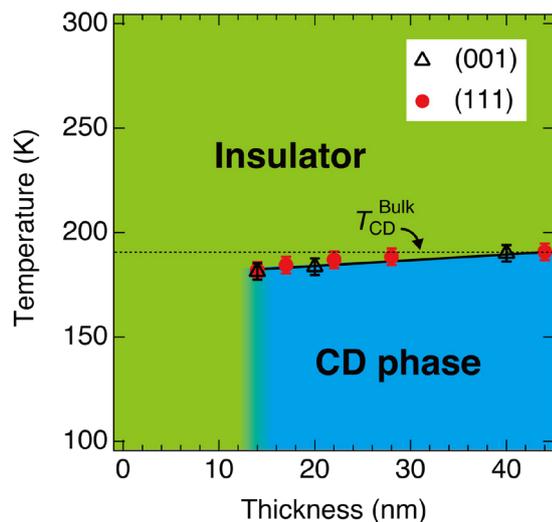


図2 電気抵抗測定から得られた $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ (001)薄膜および (111)薄膜の電子相図。緑が絶縁体相、青が電荷不均化 (CD) 相を示す。

参考文献

- [1] K. Ueno *et al.*, Phys. Rev. B **73**, 165103 (2006).
- [2] J. Okamoto *et al.*, Phys. Rev. B **82**, 132402 (2010).
- [3] R. J. Sichel-Tissot *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 212905 (2013).

成果

1. 簗原 誠人、北村 未歩、和達 大樹、中尾 裕則、熊井玲児、村上 洋一、組頭 広志、「面方位制御 $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ 薄膜における電荷不均化の膜厚依存性」、第63回応用物理学会春季学術講演会
2. M. Minohara, M. Kitamura, H. Wadati, H. Nakao, R. Kumai, Y. Murakami, and H. Kumigashira, Submitted to J. Appl. Phys. (2016).

* minohara@post.kek.jp