

マンガン酸化物薄膜における埋もれた界面のナノ構造の研究 Study of interface in manganite thin film

久保田正人^a, 坂田修身^b, 原田尚之^c, 菅野弦哉^c, 大久保勇男^c, 尾嶋正治^c
M. Kubota^a, O. Sakata^b, T. Harada^c, G. Sugano^c, I. Ohkubo^c, M. Oshima^c

^a高エネルギー加速器研究機構、^b高輝度光科学研究センター、^c東京大学
^aKEK, ^bJASRI, ^cThe University of Tokyo

マンガン酸化物 (PrCaMnO₃) は、電場印加に伴い非常に大きな電気抵抗変化を示すことが知られていて、電気特性に関する研究が盛んに行なわれている。しかし、大きな電気抵抗を示すメカニズムの詳細については、明らかになっていない。今回、マンガン酸化物薄膜を用いて、マイクロビーム回折実験を行い、界面の変化が電気特性と関係していることを明らかにした。

Manganese oxide (PrCaMnO₃) is one of the basic elements for the reversible resistance switching induced by short voltage pulses, which attracts considerable attention due to the potential for device applications, such as random access memories. However, the mechanism of the colossal electroresistance (CER) effect has not been clarified. We have performed X-ray diffraction measurements on manganite thin films which show CER effect. By using micro X-ray beam, we observed the changes in a buried interface of the thin film accompanied with the CER effect.

キーワード：酸化物薄膜、マイクロビーム

背景と研究目的：

強相関電子系遷移金属酸化物は、スピン・電荷・格子・軌道の自由度により非常に多様な相を作り出す。特に、競合する相近傍においては、外部の僅かな刺激により、劇的な電子状態の変化を制御することが可能である。従って、既存の半導体テクノロジーの延長線上にはない、新たなブレークスルーを引き起こす可能性を持っている。

最近室温で発見されたペロブスカイト型マンガン酸化物での、電場印加による桁以上の巨大な抵抗変化(Colossal Electro-Resistance : CER 効果)は、巨大なトンネル磁気抵抗効果(TMR効果)と同様に基礎、応用の観点から盛んに研究が行われている。CER 効果は、電圧駆動のため、電流で発生する磁界を使って記録を書き込むMRAMと比較して低消費電力である。また、CER効果を示すデバイスの構造は、薄膜材料を2つの電極で挟んだ単純なものなので微細化や超高密度集積に適している。この様に、CER効果は革新的な電気特性を示すが、デバイスとしての特性を更に上げ、実用化するためには、CER効果そのもののメカニズムは解明を行う必要がある。電場印加することにより、金属/酸化物界面にその電氣的・化学的特性が可逆的に変化する新規な状態が存在すると考えられている。従って、メカニズムを解明するためには、界面に

おける構造や電子状態を明らかにすることが重要であり、この新しい界面状態を突き止めることがCER効果の解明・制御に直接結び付くと期待される。

CERデバイスの機能性向上のためには、界面の情報を得ることが重要であり、しかも埋もれた界面をそのままの状態では物性を捉えることが欠かせない。従って、放射光の様に透過力があり、しかもエネルギー可変なプローブを用いた研究が非常に有力である。特に、マイクロビームを用いた測定は、エミッタンスが小さくしかも強度が大きい必要があることを考慮し、本研究ではSPring-8の放射光X線を用いて、PCMO薄膜の界面状態を解明するためにマイクロビームを用いた放射光X線散乱実験を行った。

実験：

ビームラインBL13XUの第一ハッチに設置されている多軸回折計 (Kohzu-Seiki TDT-17)で、12.4 keVの放射光X線を用いて実験を行った。

実験に用いたPCMO薄膜試料は、レーザー分子線エピタキシーによりLaAlO₃基板上に作製した。

微小領域の構造を明らかにするために、屈

折レンズによるマイクロビームを利用し、マイクロビームを用いた実験は、初めてであったが横幅を1ミクロンに集光した光を用いて実験を行った。

(集光ビームを回折計に導くための光学調整には、約1日の時間を要した。)

結果、および、考察：

CER効果が発現するサンプルとCER効果が発現しないサンプルについて室温で測定を行った。得られたプロファイルに明確な変化が生じていることを本実験で捉えることができ、電気特性により界面状態が変化していることが明らかになった。変化に関する定量的な情報の詳細については、現在解析中である。

今後の課題：

今後は、今回得られた観測プロファイルの再現性の確認を行う。更に製膜の厚さ依存性の測定などを行い、CER効果に関する研究を遂行していく予定である。

放射光X線の照射エリアが広いと空間の平均的な構造情報を捉えることになる。本研究のように、マイクロビームを用いることにより、非破壊的に界面の様子を局所的に捉えることは、微細化・高層化が今後更に進む電子デバイスの開発において、非常に重要な測定技術の確立にもつながり、波及効果も大きいと考えている。

参考文献

- 1) T. Fujii, M. Kawasaki, A. Sawa, Y. Kawazoe, H. Akoh, Y. Tokura, Phys. Rev. B **75** (2007) 165101.
- 2) A. Sawa, T. Fujii, M. Kawasaki, Y. Tokurai, Appl. Phys. Lett.. **88** (2006) 232112.
- 3) A. Sawa, T. Fujii, M. Kawasaki, Y. Tokura, Appl. Phys. Lett.. **86** (2005) 112508.