

放射光X線回折を用いたハーフドープマンガン酸化物の電荷軌道秩序に対するエピタキシャル歪み効果の観測

奥山大輔^A, 中村優男^A, 若林裕助^B, 伊藤弘毅^C, 熊井玲児^D, 山田浩之^D,
 田口康二郎^A, 有馬孝尚^E, 川崎雅司^{A,F}, 十倉好紀^{A,C,D,G}
 理研-CMRG^A, 阪大基礎工^B, ERATO-MF^C, 産総研^D, 東北大多元研^E,
 東北大WPI^F, 東大工^G

構成元素を置換する事によりホールをドープし、マンガン価数を+3.5価に調整したペロブスカイトマンガン酸化物では、磁場で電荷と軌道の整列状態(電荷軌道秩序)を融解させる事で巨大磁気抵抗効果が観測されている系である。電荷軌道秩序の融解は、磁場だけではなく、電場、圧力、光、X線等の外場によっても観測されている[1]。この電荷軌道秩序を制御する新しい方法として、薄膜試料と基板のヘテロ接合界面から発生するエピタキシャル歪みを利用する事が考えられる。エピタキシャル歪みは、結晶格子の軸長にダイレクトに影響するため、系の軌道秩序に与える影響は非常に大きいと考えられる。エピタキシャル歪みが電荷軌道秩序に与える効果を明らかにするために、典型的な電荷軌道秩序物質である $\text{Pr}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{MnO}_3$ (PCMO)の単結晶薄膜を作製した。これらの単結晶薄膜の特徴は、薄膜を作製する基板の $(\text{LaAlO}_3)_{0.3}\text{-(SrAl}_{0.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_3)_{0.7}$ (LSAT)の結晶方位を変える事で、エピタキシャル歪みがかかる方向をコントロールできる事である。作製したPCMO/LSAT単結晶薄膜は2種類で、(011)方向の基板に作製した(011)薄膜、(001)方向の基板に作製した(001)薄膜である。これらの単結晶薄膜を用いて、エピタキシャル歪みの方向を変えた時に電荷軌道秩序にどのような変化が現れるかを調べるために、放射光X線回折及び電気抵抗測定を行った[2]。

図1(b)は、電荷軌道秩序に伴うJahn-Teller歪みを反映した超格子反射 $(1/4\ 7/4\ 2)$ の温度変化である。この反射が見える事は、 a 軸方向と b 軸方向に4倍の周期を持つ図1(a)のような構造が存在する事を意味している。(011)薄膜の超格子反射の温度変化は、点線で示されるバルクのデータ[3]と似通っており、約220 K付近で強度の消失が観測された。しかし、(001)薄膜の超格子反射は室温の300 Kまで存在し、電荷軌道秩序の転移温度が80 K近くも上昇している事が判明した。また、放射光の結果とマクロな物性の対応を調べるため、電気抵抗の温度変化を測定した。図1(c)のように、(011)薄膜では放射光の結果と同様にバルク試料[4]と似通った電気抵抗のとびが観測されている。一方、(001)薄膜では電気抵抗の飛びは見られず、室温付近でも依然抵抗は高いままであった。

これらの結果は、エピタキシャル歪みの方向を変える事で、系の電荷軌道秩序の転移温度が大きく変化する事を示している。

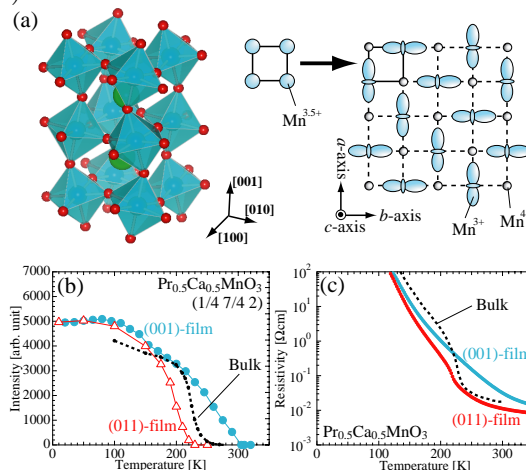


Figure 1: (a) $\text{Pr}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{MnO}_3$ の結晶及び電荷軌道秩序構造。(b) 超格子反射 $(1/4\ 7/4\ 2)$ の温度変化。(c) 電気抵抗の温度変化。

[1] Y. Tokura, Rep. Prog. Phys. **69**, 797 (2006). [2] D. Okuyama *et al.*, Appl. Phys. Lett. **95**, 152502 (2009). [3] R. Kajimoto *et al.*, Phys. Rev. **B 63**, 212407 (2001). [4] Y. Tomioka *et al.*, Phys. Rev. **B 70**, 014432 (2004).