

# Pr<sub>0.55</sub>(Ca<sub>1-y</sub>Sr<sub>y</sub>)<sub>0.45</sub>MnO<sub>3</sub> 薄膜における光誘起絶縁体-金属転移

東大工 田久保直子

遷移金属酸化物に代表される強相関電子材料は、バンド理論では説明できない現象 - モット絶縁体、高温超伝導等 - が現れる系として、近年盛んに研究されている。強相関電子系では、伝導電子が局在スピと軌道自由度と結合して多彩な相が存在する。相が競合する臨界点近傍では、わずかな外場を与えることにより劇的な物性値の変化を引き起こすことが可能である。その一例として、ペロブスカイト型マンガン酸化物 Pr<sub>1-x</sub>(Ca<sub>1-y</sub>Sr<sub>y</sub>)<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub> (PCSMO) (バルク単結晶) は x=0.45, y ~ 0.2 付近で常磁性絶縁体相と強磁性金属相と電荷軌道秩序反強磁性絶縁体相が共存する二重臨界点が存在し、そこでは超巨大磁気抵抗効果(CMR)が起こることが報告されている<sup>1)</sup>。一方、ペロブスカイト型マンガン酸化物の光応答の例としては、バルク単結晶 Pr<sub>0.7</sub>Ca<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub> における光誘起絶縁体-金属転移の報告がある<sup>2)</sup>。パルスレーザーを照射すると、抵抗が 8 桁減少する。しかしこの転移は補助的外場(電場)を必要とする。

我々は、外場に敏感な二重臨界点を示す PCSMO 薄膜を作製した。薄膜はバルクよりも光による刺激に対する応答が敏感である。また、基板の熱拡散が大きいと、熱の効果を除外し易い。このような利点を活かし、補助的外場の必要のない永続的な光誘起絶縁体 - 金属転移の実現にこのような系では初めて成功した<sup>3)</sup>。

図 1 は PCSMO (x=0.45) /LSAT(110) 薄膜の抵抗率の温度変化である。y=0.25, 0.40 では低温で電荷軌道秩序絶縁体相から金属相への転移が見られる。特に二重臨界点近傍の組成 y=0.25 では昇温過程と降温過程において大きなヒステリシスが見られ、そこは絶縁体相と金属相が混合した不均一な状態であると考えられる。そのヒステリシス領域の絶縁体側(77 K)でパルスレーザーを照射すると、抵抗が 100 M から 1 k まで 5 桁の変化を示した(図 1 の矢印)。照射したレーザーは YAG OPO パルスレーザー(波長 637 nm、繰り返し周波数 10 Hz、パワー密度 3.8 mJ/cm<sup>2</sup>、パルス数 100 pulses)である。照射後、測定電流を切っても低抵抗状態を維持した。また、測定電流無しで光を照射しても同様の転移が得られることを確認した。これは、光による電荷移動励起が電荷軌道秩序を破壊し、双安定状態の一方である金属相への転移を起こしているものと考えられる。なお、低温側の相への転移であることから、レーザーを照射したことによる熱の効果では無いと言える。

この転移は協同現象であり、ある一定密度以上の励起状態が必要であると考えられる。このことを効果的に示した例が、図 2 の光だけによる高-低抵抗状態のスイッチングである。温度 77 K で PCSMO(y=0.25)薄膜にパルスレーザー(波長 532 nm、繰り返し周波数 10 Hz、パワー密度 21.0 mJ/cm<sup>2</sup>、パルス数 100 pulses)と CW レーザー(波長 532 nm、パワー密度 46.8 W/cm<sup>2</sup>)を交互に照射した。先尖値の大きなパルスレーザーは絶縁体-金属転移を

引き起こし、試料は低抵抗状態になる。一方、平均パワー密度の高いCWレーザーは試料を暖める役割をする。系は 77 K に保っているの、CW レーザーを切った後は元の高抵抗状態に戻る。

講演では、以上の PCSMO 薄膜における光誘起絶縁体-金属転移を、他の外場における転移との比較や系の不均一状態についての考察も含めて詳細に議論する。

以上の内容は、宮野健次郎、和泉真、田丸博晴（東大先端研）、荻本泰史（シャープ(株)デバイス技術研）、中村優男（産総研）、大西泉（東大工）の各氏との共同研究によるものである。<sup>1</sup>Y.Tomioka and Y.Tokura, Phys.Rev.B **66**,104416(2002)

<sup>2</sup>K.Miyano, et al., Phys.Rev.Lett **78**,4257(1997)

<sup>3</sup>N.Takubo, et al., Phys.Rev.Lett **95**,017404(2005)

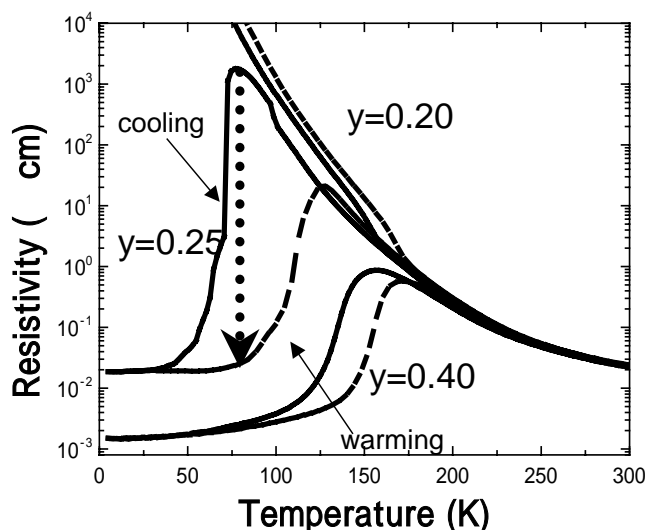


図 1  $\text{Pr}_{0.55}(\text{Ca}_{1-y}\text{Sr}_y)_{0.45}\text{MnO}_3/\text{LSAT}$  薄膜の抵抗率の温度依存性。実線は降温過程、破線は昇温過程を示す。図中の点線の矢印はパルスレーザーを照射した時の抵抗率の変化を示す。

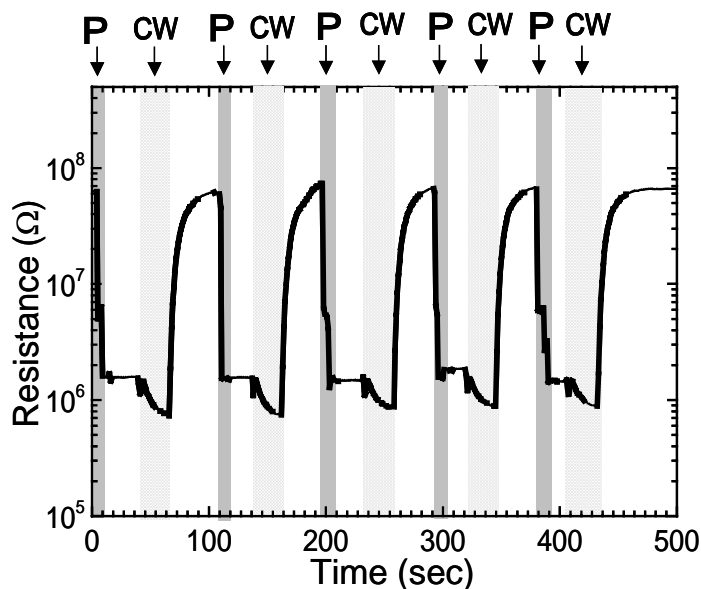


図 2  $\text{Pr}_{0.55}(\text{Ca}_{1-y}\text{Sr}_y)_{0.45}\text{MnO}_3(y=0.25)/\text{LSAT}$  薄膜にパルスレーザーと CW レーザーを交互に照射した時の抵抗の時間変化。(T=77 K)