

層状マンガン酸化物単結晶のステップ現象の圧力効果

Pressure effect on steplike magnetostriction of bilayer manganite single-crystal

岩手大・工 松川倫明、熊谷拓人、大和義昭、 東北大・金研 小山佳一、小林典男

物質・材料研究機構 二森茂樹 パリ南大学 R.Suryanarayanan、A.Revcolevschi

M.Matsukawa^A, T. Kumagai^A, Y. Yamato^A, K.Koyama^B, N. Kobayashi^B, S.Nimori^C, R.Suryanarayanan^D and A.Revcolevschi^D

^AFaculty of Engineering, Iwate University ^BInstitute for Materials Research, Tohoku University

^CNational Institute for Materials Science ^DUniversité Paris-Sud, France

1. はじめに

ペロブスカイト型Mn酸化物は超巨大磁気抵抗(CMR)効果、強磁性金属・常磁性絶縁体(FM-PI)転移、電荷整列相転移等の多彩な物性を示す事が知られている。FM-PI転移点付近でのCMR効果の起源については、二重交換相互作用モデルや動的ヤーンテラー(JT)効果に付随したスモールポーラロンモデルなどが提案されている。しかし、バンド幅の狭い系の示す一次転移型のCMR効果やマンガン酸化物の相図の統一的理解のためには、相分離モデルがより有効であると考えられる。また、マンガン酸化物の不均一な常磁性相(短距離のFMクラスターやCOクラスターが常磁性マトリックスに存在する状態)をグリフィス相の枠組みで理解することにより、巨大磁気応答の物理を捉える理論的なアプローチもある。

近年、磁場誘起のメタ磁性転移を示すマンガン酸化物系において、非常に鋭い磁化のステップが低温領域で報告されている。このステップ状の転移は、高温領域で観測されるブロードな転移とは定性的に異なる。この起源については、格子定数の異なる電荷整列反強磁性絶縁相と強磁性金属相の間のマルテンサイト変態によるものという解釈がなされている。

我々は、このステップ状の強磁性金属転移の起源を探るために、磁場誘起型絶縁体・金属転移を示す層状マンガン酸化物単結晶の磁歪のステップ現象の研究を行った。

2. 実験方法

(La_{1-z}Pr_z)_{1.2}Sr_{1.8}Mn₂O₇試料は、南パリ大学でFZ法により作製された良質単結晶であり、その寸法は2.8×3.4mm²(ab面)及び1.0mm(c軸)である。母物質(z=0)は、T_C≈-126K以下で、常磁性絶縁相から強磁性金属相に転移する。Laサイトをイオン半径の小さいPrで置換した試料はパラメータ空間においてキャリア濃度(x=0.4)を一定に保ち、一電子バンド幅を小さくしてT_Cをさげることに対応する。z=0.2の試料の場合、T_C≈-90Kに低下する。z=0.6の試料は低温においても常磁性絶縁相である。

残留磁気抵抗の緩和及び磁歪の測定は、直流四端子法及び歪みゲージ法により、東北大金研・強磁場センター及び物質・材料研究機構の超伝導マグネットを利用した。磁歪の圧力効果の測定は、CuBe(外層)とNiCrAl合金(内層)からなる2層式セルを用いて行った。磁化の測定から得られた、z=0.6試料の磁場・温度相図を図1に示す。

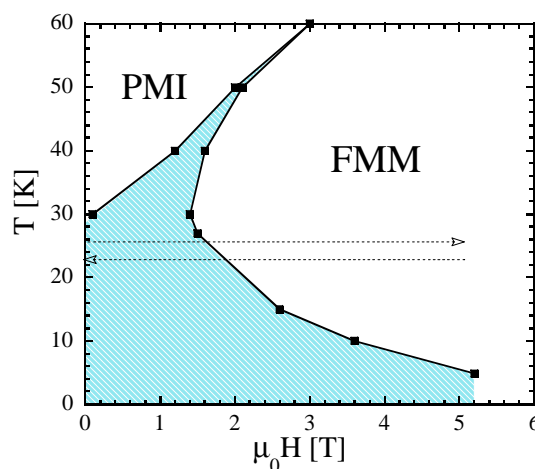


FIG.1 z=0.6 試料の磁場・温度相図

FMM 及び PMI は、強磁性金属相及び常磁性絶縁相を表し、ハッチの領域は磁気履歴を伴い金属相と絶縁相が共存している状態を意味する。

3. 実験結果及び考察

($\text{La}_{0.4}\text{Pr}_{0.6}$) $_{1.2}\text{Sr}_{1.8}\text{Mn}_2\text{O}_7$ 単結晶の低温での磁気歪み、磁化及び磁気抵抗の測定結果を図2に示す。磁場印加 (H/c 軸) とともに、5T付近で磁場誘起型絶縁体・金属転移に伴う急激な c 軸方向の試料の収縮が観測される。このステップ状の変化は、高温領域 (10K以上) で観測される連続的な転移とは、本質的に異なる。転移幅は、数ミリテスラのオーダーであり、臨界磁場の0.1%以下である。

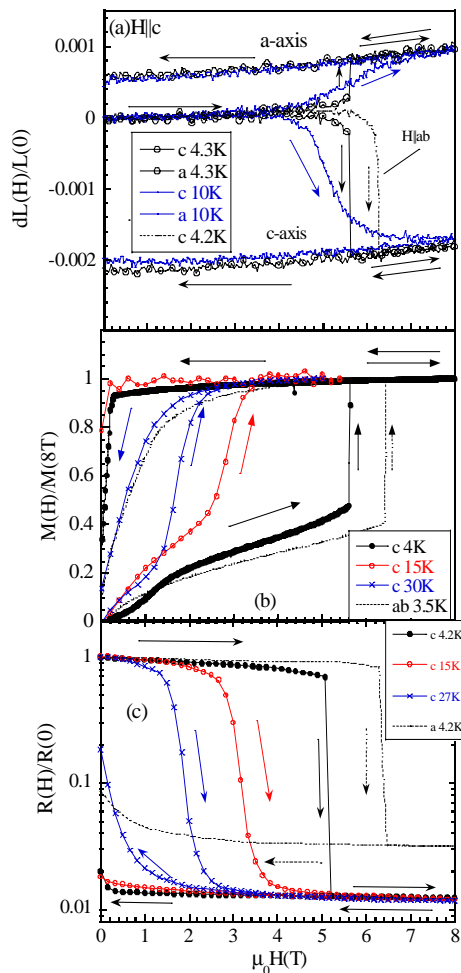


FIG.2 (a)magnetostriction, (b) magnetization, and (c) magnetoresistance

図3に磁場中冷却後の磁歪の振る舞いと対応する熱浴の温度変化を示す。トビの大きさは冷却磁場の増加とともに減少し、冷却磁場が1.7T以上ではステップ状の変化は消える。これは、磁場アニール効果により、強磁性相の割合を増加させることによるものであり、低温でのステップ状の転移は強磁性状態により抑えられることを意味する。

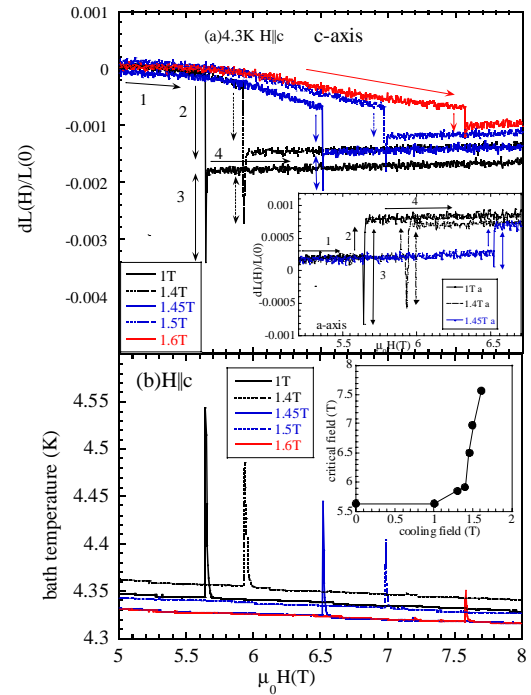


FIG.3 (a)Cooling field dependence on magnetostriction (b) bath temperature

次に、磁歪ステップの圧力効果の結果を図4に示す。圧力印加により、ステップ状の振る舞いは抑えられ、高温側で観測されるブロードな変化に置き換わる。この結果は、圧力効果が強磁性相互作用を強めることにより、ステップ転移を抑制したものと考えられる。従って、この急激な変化は、基底状態が不均一な常磁性相 (グリフィス相の一種) とすれば、電荷整列クラスターの存在と関連すると予想される。詳細は参考文献に一部記述されている。

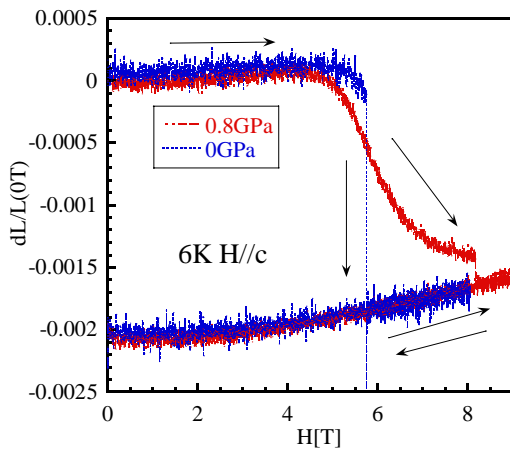


FIG.4 pressure effect on steplike striction

4 . まとめ

磁場誘起型絶縁体・金属転移を示す層状マンガン酸化物 ($\text{La}_{0.4}\text{Pr}_{0.6}$) $_{1.2}\text{Sr}_{1.8}\text{Mn}_2\text{O}_7$ 単結晶の磁歪ステップ現象を発見した。

- 1) この磁歪は、強磁性金属転移を伴う一次相転移であり、転移幅は、数ミリテスラ程度の鋭い変化を示す。試料の瞬間的な温度上昇は 15K にも達する。
(巨大磁気熱量効果)
- 2) ステップの大きさは冷却磁場の増加とともに減少し、冷却磁場が 1.7T 以上ではステップ状の変化は消える。
- 3) 圧力印加により、ステップ状の振る舞いは抑えられ、高温側で観測されるブロードな変化に置き換わる。

参考文献

- 1) M.Matsukawa , Y.Yamato, T.Kumagai,
A.Tamura,R.Suryanarayanan, S.Nimori, M.Apostu,
A.Revcolevschi, K.Koyama, and N.Kobayashi,
Phys.Rev.Lett.98,(2007) 267204.
- 2) M.Matsukawa , A.Tamura, S.Nimori,
R.Suryanarayanan, T.Kumagai, Y.Nakanishi,
M.Apostu, and A.Revcolevschi, K.Koyama,
N.Kobayashi, Phys.Rev.B75 (2007) 014427.