

La_{1-x}Ca_xMnO₃の磁場中熱伝導率、熱拡散率測定

電子材料学 池部研究室 加納伸吾

<序論>

本研究室ではMnイオンを含むペロブスカイト型酸化物や酸化物超伝導体などの電気抵抗率や熱伝導率、熱拡散率の測定による物性研究を行っている。Mn系酸化物R_{1-x}A_xMnO₃はRにLa³⁺、Pr³⁺、Nd³⁺などの3価の希土類イオン、AにCa²⁺、Sr²⁺、Ba²⁺などの2価のアルカリ土類イオンを含んだもので、これらの物性研究の結果としてひとときユニークで劇的な現象を持つことがわかった。それは、系の電気抵抗率が強磁性転移とともに急激に減少して低温で強磁性金属(FM)相が出現するいわゆる遍歴強磁性体であることである。また、この物質が強磁性転移温度T_c近傍で大きな負の磁気抵抗(Magnetoresistance)効果を示すこともLa_{1-x}Sr_xMnO₃などの研究で確認されている。一方、酸化物超伝導体のYBa₂Cu₃O_{7-δ}結晶は酸素欠損型のペロブスカイト構造を持ち、酸素欠損量δの値によって3つの異なる相が存在する。それは、δ=0の90K相と、酸素量を減らすことで現れる60K相、そしてさらに酸素欠損を増やして現れる非超伝導相である。この物質に関しては様々な研究がなされている。

本研究では、磁場中での電気抵抗率や熱伝導率、熱拡散率の測定装置を立ち上げ、Mn系酸化物La_{1-x}Ca_xMnO₃のX=0.20、X=0.25と酸化物超伝導体YBa₂Cu₃O_{7-δ}(90K相)を用いて磁場中の電気抵抗率及び熱伝導率、熱拡散率の測定を行った。

<測定方法>

電気抵抗率の測定はLa_{1-x}Ca_xMnO₃(X=0.20、0.25)が液体窒素を用いた測定装置、YBa₂Cu₃O_{7-δ}が4KGM冷凍機を用いて直流4端子法で行った。熱伝導率は4KGM冷凍機を用いて定常熱流法で測定し、熱拡散率は熱伝導率と同一の試料セッティングにおいて任意加熱法で測定した。また、各測定で磁場を印加する場合は伝導冷却型超伝導マグネット(0T~5T)を用いて行った。

<測定結果>

(1) 電気抵抗率について

Fig.1にLa_{0.80}Ca_{0.20}MnO₃の0T~5Tにおける電気抵抗率ρを示した。ゼロ磁場における強磁性転移度T_c(=200K)でのρは5Tでは約10分の1に減少した。また、高磁場になるに従ってT_cは上昇し、T_c付近で見られるρの急激な変化は小さくなる、つまりρ(T_c)が小さくなることが分かった。

Fig.2にLa_{0.75}Ca_{0.25}MnO₃の0T~5Tにおけるρを示した。Fig.1と同様でゼロ磁場でのρ(T_c)も5Tでは10分の1以下に減少し、高磁場ではT_cの上昇、ρ(T_c)の減少が確認された。

次に、YBa₂Cu₃O_{7-δ}の0T~5Tにおける電気抵抗率ρの測定結果をFig.3に示す。高磁場になるに従って超伝導転移温度T_c'は低くなることが分かった。

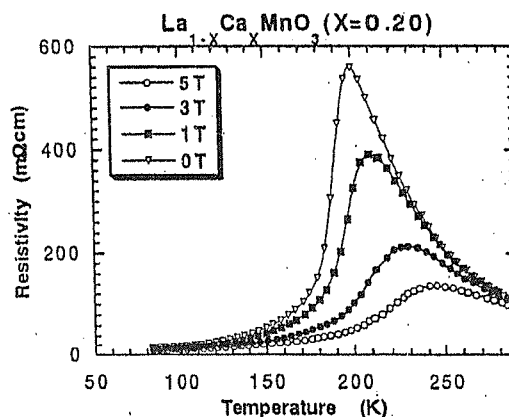


Fig.1 磁場中における電気抵抗率の温度依存性

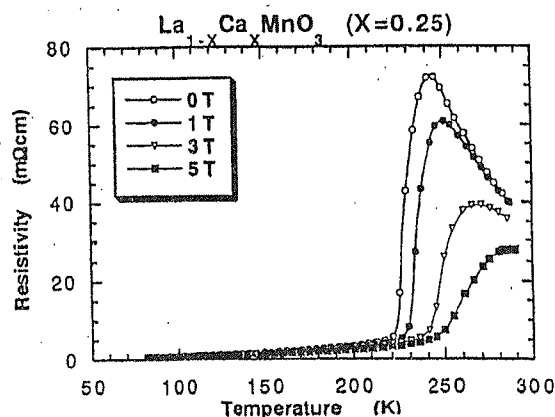


Fig.2 磁場中における電気抵抗率の温度依存性

た。また、ゼロ磁場で見られる様な ρ の急激な減少は高磁場では見られず、緩やかに減少していくことが分かった。

(2) 熱伝導率について

Fig.4に $\text{La}_{0.75}\text{Ca}_{0.25}\text{MnO}_3$ の0T~5Tにおける熱伝導率 κ の測定結果を示す。Fig.2で見られる T_c よりも数K低い温度で κ の異常(急激な上昇)が確認された。また、磁場を印加することによって260Kから220Kの間で κ の違いが見られ、高磁場になるに従って κ が大きくなることが分かった。そして、高磁場になればなるほど κ の異常がより高い温度で見られ、 κ の異常付近のふるまいも1次転移的なものからよりなだらかなものに変化することが確認された。Fig.5に $\text{La}_{0.75}\text{Ca}_{0.25}\text{MnO}_3$ の磁場(5T)を印加することによって起こる電気的な磁気抵抗と熱的な磁気抵抗の変化を示した。Fig.2、Fig.4のゼロ磁場のふるまいからも分かるように、この2つの磁気抵抗のピークは異なる温度で起こることが分かった。

(3) 熱拡散率について

Fig.6に $\text{La}_{0.75}\text{Ca}_{0.25}\text{MnO}_3$ の0T~5Tにおける熱拡散率 α の測定結果を示した。 κ の異常が見られる T_c 近傍で α の上昇が見られた。また、磁場を印加することで T_c が上昇し、 α の上昇が緩やかになることが確認された。

<結論>

Mn系酸化物 $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ の $X=0.20$ 、 $X=0.25$ では T_c 近傍で外部磁場による負の巨大磁気抵抗(CMR)効果が確認されたが、この効果には電気抵抗率の減少を引き起こす磁気電気抵抗以外に熱伝導率や熱拡散率の上昇を引き起こす磁気熱抵抗効果も存在することが分かった。一方、酸化物超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ は外部磁場によって超伝導転移温度 T_c' が下がり、転移に幅が出ることが確認された。

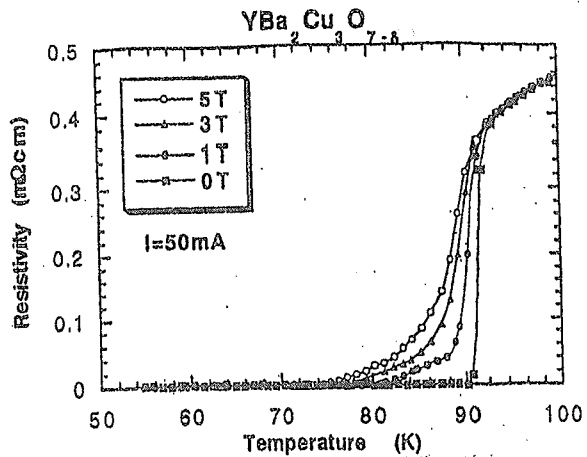


Fig.3 磁場中における電気抵抗率の温度依存性

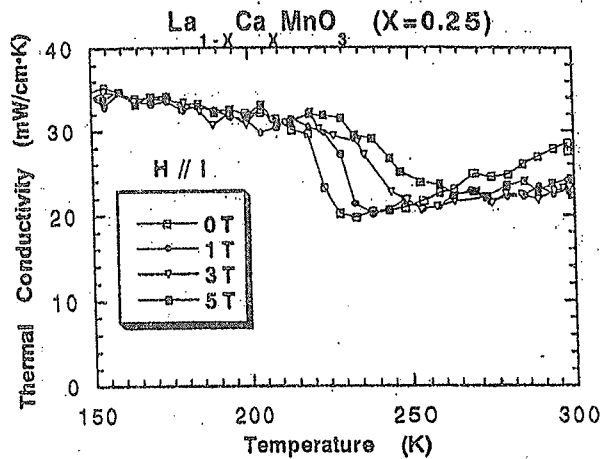


Fig.4 磁場中における熱伝導率の温度依存性

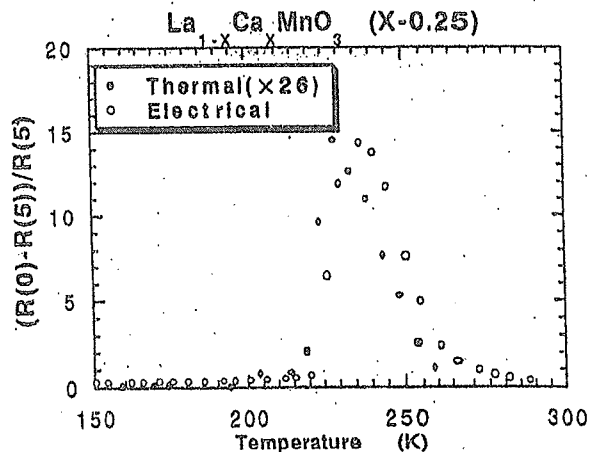


Fig.5 印加磁場による磁気抵抗の変化

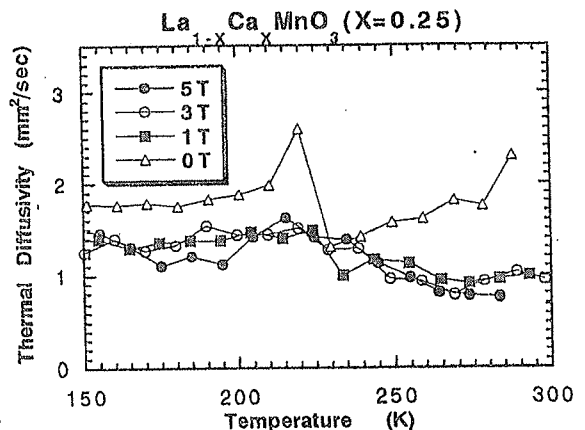


Fig.6 磁場中における熱拡散率の温度依存性