

スピントロニクスに向けた 遷移金属酸化物材料の開発



新潟工科大学 〒945-1195 新潟県柏崎市藤橋 1719 TEL&FAX 0257-22-8204

機械制御システム工学科

吉田 宏二 准教授

E-mail: kyoshida@mce.niit.ac.jp

概要

電荷・スピン・軌道という電子固有の自由度が複雑に絡み合っ現れる多彩な物性とその潜在性には、大きな科学的興味もたれています。同時に、新しい電子デバイスのシーズとしても大きな期待が注がれています。そこでスピントロニクスを目指し、遷移金属酸化物の材料・物性研究を行っています。具体的にはダブルペロブスカイト酸化物に着目し、材料開発・キャリア注入による強磁性特性の制御・単結晶育成技術の開発を行っています。

1. スピントロニクスとハーフメタル強磁性

高度情報化社会に対応するため、さらには近年必需性が増した低消費電力化の観点から、電子材料、とりわけ磁気応用の分野では、電子の持つスピンと電荷の両方の自由度を利用し、新しい機能や性能を持つデバイスの実現を目指すスピントロニクスへの期待が高まっている。その開発の基幹技術の1つが、スピンに依存した電気伝導を利用したトンネル磁気抵抗(TMR)素子である。このTMR素子は、強磁性金属と、それに挟まれたトンネル障壁で構成される。ここで強磁性金属として、スピンがフェルミ準位において100%分極したハーフメタル強磁性体を用いると、理論上ではTMR素子の無限大の性能向上が期待されるため、現在精力的に材料開発が進められている。

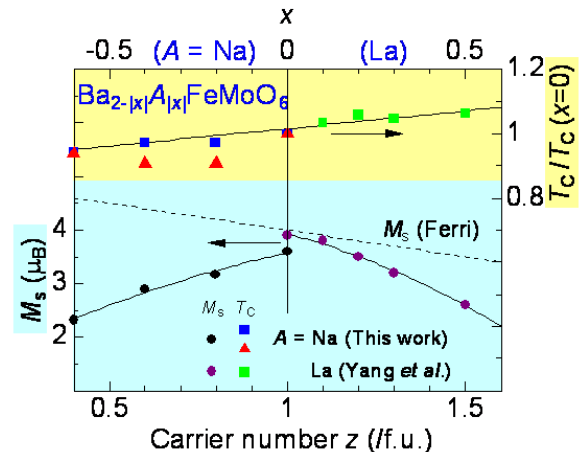
2. ダブルペロブスカイト FeMo 酸化物

本研究で取り上げるダブルペロブスカイト FeMo 酸化物は、化学式では $A_2\text{FeMoO}_6$ ($A=\text{Sr}, \text{Ba}, \dots$)と表され、2つのペロブスカイトユニット AFeO_3 , AMoO_3 が交互に整列した結晶構造を有している。この物質は、室温を超える強磁性転移温度 T_C をもつハーフメタル強磁性体であることから、室温動作のスピントロニクスデバイスとしての材料開発へ大きな期待がもたれている。応用へ向けて基礎物性を理解することは必要不可欠であるが、この観点から特に、この物質の室温以上の高い T_C の成因を解明することは極めて重要である。

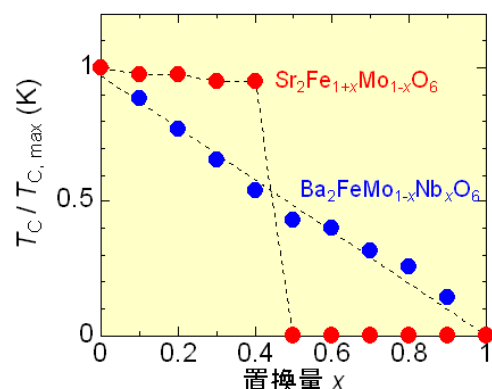
3. 置換効果(キャリアと強磁性)

FeMo 酸化物において、強磁性出現に関する伝導電子の役割を調べるために、A サイトに対する+1 価イオン置換によるキャリア濃度と T_C との関係を調べた。する

と、下図のように線形関係があることが分かった。これより、伝導電子が局在スピン間の強磁性相関に重要な役割を担っていることが分かった。



さらに、Mo サイトの元素置換効果を調べた。その結果は、下図のように Fe 置換と Nb 置換では強磁性に与える影響が大きく異なることが明らかとなった。つまり、Fe 置換では、置換量が少ない時 T_C はほとんど変化しないが、 $x=0.5$ で急激に減少し強磁性が消失するのに対し、Nb 置換では、 T_C は置換量に比例し減少し、全置換である $x=1$ に向かって連続的にゼロに向かう。Fe 置換と Nb 置換の物質の強磁性に関する決定的な違いはどこから来るのか、それを明らかにすることで、この物質の強磁性発現機構に関する重要な知見が得られると考えられる。



今後、物性を精査するために単結晶育成技術の開発、元素置換以外のキャリアドープ法として圧力印加や電場印加などを進め、強磁性発現機構の解明やキャリア誘起による強磁性特性制御の可能性を探り、新しいスピントロニクスデバイスの礎とすることを目指しております。