

論文の内容の要旨

論文題目 Soft-x-ray Magnetic Dichroism Studies of Magnetic and Orbital Anisotropies in $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ Thin Films
(軟X線磁気二色性による $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ 薄膜の磁気異方性および軌道異方性に関する研究)

氏名 芝田 悟朗

磁性薄膜および多層膜は、エピタキシャル歪み・表面界面効果・低次元性・各層間での相互作用等の影響により、バルク材料とは全く異なる新奇な磁氣的性質を示しうる。特にこれらの系では、構造の異方性に由来する電子状態の異方性とスピン軌道相互作用との効果によって強い磁気異方性が表れる場合がある。このような薄膜・多層膜特有の磁氣的性質、特にそれらの磁気異方性について理解を深めること、さらにこれらの磁氣的性質を制御することは、基礎科学および応用科学の両面から重要な研究テーマとして見なされてきた。一般に物質の磁氣的特性はスピン・電荷・軌道・格子の自由度の相互の結合によって支配されているため、その磁氣的性質の微視的な起源を理解するためには、物質の詳細な電子構造を明らかにすることが強く望まれる。軟 X 線吸収分光 (XAS)、特にその偏光依存性を利用した X 線磁気円二色性 (XMCD) や X 線磁気線二色性 (XMLD) は、強磁性 3d 遷移金属化合物の電子状態および磁氣的性質を調べるのに強力な実験的手段である。特に薄膜や多層膜では電子状態に強い異方性が表れることが予想されるため、入射光方向や磁場方向を変えた軟 X 線分光測定を行うことにより、薄膜の磁気異方性の起源を明らかにするのに重要な手掛かりが得られることが期待される。

このような実験を可能にするため、著者の所属するグループでは、2 軸ベクトルマグネットを備えた軟 X 線吸収分光用実験装置の開発を新たに行ってきた。本論文では、これを用いて著者が行ってきた、磁場角度依存 XAS, XMCD 実験および XMLD 実験の解析手法の開発、およびそれを用いた $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (LSMO) 薄膜の電子状態とその磁気異方性・軌道異方性についての研究に関して述べる。LSMO は巨大磁気抵抗やハーフメタル性を示す室温強磁性体として広く知られており、特にペロブスカイト型マンガン酸化物系の中では最も広い Sr 組成範囲(x)で強磁性を示し、かつ最も高いキュリー温度をもつ物質である。LSMO 薄膜における基板からのエピタキシャル歪みと磁気異方性についての関係性を調べるため、複数の基板上的 LSMO 薄膜に対する角度依存 XMCD 実験を行った。これにより、Mn 3d 電子のスピン密度の分布 (すなわちスピン分極した 3d 電子の軌道占有状態) が基板からのエピタキシャル歪みによって変化すること、さらにそれが結晶磁気異方性の変化と関連していることが示された。また、同じくベクトルマグネット装置を用いて行われた XMLD 実験により、スピン分極によって Mn 3d 電子の電荷分布が異方的になる、すなわちスピン分極の方向に電子軌道が引き伸ばされることが明らかになった。これは、前述の格子歪みによる磁気異方性の変化の逆過程であるとして理解することができる。

本研究で得られた結果は、強磁性マンガン酸化物のみならず他のさまざまな強磁性遷移金属薄膜においても、磁性や磁気異方性の起源を微視的電子状態の観点から明らかにするうえで新たな知見となりうると期待される。