

# 論文審査の結果の要旨

氏名 村中 伸滋

強磁性体の磁区構造は、交換相互作用などの強磁性発現機構を反映するばかりでなく、磁区の界面（磁壁）はキャリアの散乱源となるため、デバイス作製の観点からも興味を持たれている。本研究では、低温磁気力顕微鏡（LT-MFM）を開発し、同顕微鏡を用いて強磁性体である希薄磁性半導体と巨大磁気抵抗材料を観察し、磁区構造の解明を行っている。

本論文は6章からなっている。

第1章は序論であり、強磁性体の磁区構造とその観察装置について概観している。特に、応用の観点からも興味を持たれている希薄磁性半導体と巨大磁気抵抗材料について触れ、これらの材料の磁区構造観察に必要とされる顕微鏡装置の性能を比較検討し、MFMの有用性について説明している。

第2章はLT-MFM装置の開発について述べている。MFMの動作原理を説明し、カンチレバー変位の検知方式や探針用の磁性材料など、LT-MFMの性能を決定する様々な要素について詳細に検討している。また、磁場感度や空間分解能のシミュレーションを行い、開発したLT-MFM装置での実測値と比較した上で、設計通りの性能が得られていることを検証している。

第3章は希薄磁性半導体である  $\text{Ti}_{0.95}\text{Co}_{0.05}\text{O}_2$  薄膜の磁区構造観察の結果について述べている。MFM測定と同時に観測した凹凸像より、本試料は400nm程度の粒径を持つグレインからなることを示し、一方、MFM像からは、個々のグレインは内部構造を持たず、かつグレインにより磁場強度が異なっている様子を観測している。磁壁の幅や磁区サイズに関する理論値との比較から、本試料では、グレイン間の磁気結合が弱く、その結果、各グレインが単磁区として振舞っていると結論している。

第4章は巨大磁気抵抗材料である  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$  薄膜の磁区構造観察の結果について述べている。グレインが比較的大きな試料では、ストライプ状の磁区を観測し、磁壁の幅はLT-MFMの空間分解能（ $\sim 50$  nm）より小さいことを検証している。一方、グレインサイズが50 nmの試料では、磁区境界で磁化が徐々に変化し、その遷移領域の幅は250 nmにも達することを見出している。以上の結果をもとに、磁区境界付近ではグレインを単位として面内磁区と面直磁区

とが共存する新しいドメインモデルを提案している。

第5章ではグレインサイズ 50nm の  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$  薄膜を対象に、外部磁場を印加した際の磁壁移動を調べている。面直外部磁場の増大につれ、磁壁は徐々に移動するが、その一部は転位による欠陥に捕捉されること（ピン止め現象）を見出している。また、外部磁場を 1200 Oe まで増加させると、突然ピン止めが解消され、観測範囲領域の磁気モーメントがすべて同方向に揃うことを観測している。以上の結果より、上ピン止め力の見積もりを行い、他の磁性材料との比較から、上記欠陥が非常に大きなピン止め力を持つことを指摘している。

6章は結論と要約である。

以上のように、本論文は、低温磁気力顕微鏡の開発と、同顕微鏡による希薄磁性半導体と巨大磁気抵抗材料の磁区構造観察について述べており、その結果をもとに新たな磁気モデルを提案している。これらの研究は理学の発展に大きく寄与する成果であり、博士（理学）に値する。なお、本論文は複数の研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験、解析、及び考察を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。