

論文審査の結果の要旨

氏名 中島 脩平

本論文は8章からなる。

第1章はイントロダクションであり、まず本論文の研究対象である磁性ヘテロ構造の研究背景がまず説明されており、その磁気特性で重要な役割を果たす界面効果の詳細が不足していることが指摘されている。そして実験アプローチとしての X 線磁気円二色性とスピン偏極 STM の有用性を解説しながら、研究目的としてこれらを用いた Mn/Fe ヘテロ構造を対象にその界面電子磁気構造の解明研究に取り組んだことが述べられている。

第2章は本研究で用いたスピン偏極走査型トンネル顕微鏡/分光、X 線吸収分光、X 線磁気円二色性の原理に関する説明がされている。

第3章では、本研究で使用した実験装置や試料作成について記載されている。Mn/Fe ヘテロ構造は、まず Cu(001)基板上に Fe 薄膜を用意し、その上に Mn を蒸着する2段階で作成される。本章では蒸着源や蒸着材料の詳細から、蒸着レートなどの実験条件が細かく記載されている。またスピン偏極 STM の要である Fe コーティングされた W 探針についても、その作成器具の詳細から探針先の電子顕微鏡写真まで細かく説明されている。

第4章では Mn/Fe ヘテロ構造の作成に必要な Cu(001)基板上的 Fe 薄膜について走査型トンネル顕微鏡/分光 (STM/STS)、X 線吸収分光、X 線磁気円二色性で評価した結果が説明されている。本章では先行研究も紹介しており、これまでの結果と一致すること、そして本研究に必要な fcc-Fe 薄膜が作成できたことが示されている。

第5章では本論文主題である Mn/Fe ヘテロ構造について、fcc-Fe 薄膜上 Mn 原子層の成長モルフォロジーを STM/STS で調べた結果が載せられている。初期成長では不規則な FeMn 合金層が形成されるが、Mn の積層数に応じて合金層は規則性を持つことが示されている。

第6章では Mn/Fe ヘテロ構造について、Mn 原子層の厚さに応じた Fe の磁化変化を系統的に調べた結果が載せてある。X 線磁気円二色性の実験を行なった結果、Mn を 0~5 層へと積層するのに対して界面 Fe の磁化は面直から面内へと変化することを論文提出者は発見した。そして STM 観察結果と合わせて、面直磁化の減少は成長初期の不規則な FeMn 合金層による構造乱れに起因する

ことが説明されている。さらに界面 Fe 層の面内磁化については、STM/STS の結果から規則 FeMn 合金層と Fe 界面層の 3d 軌道の電子状態の混成に起因することが示されている。

第 7 章ではスピン偏極 STM/STS による Mn/Fe ヘテロ構造の表面観察の結果が記載されている。磁気イメージングとスピン偏極準位の検出に成功し、ヘテロ界面はナノスケールの多磁区構造を有していることが示されている。そして Mn 層は埋もれた強磁性 Fe 層との磁気結合による層状反強磁性薄膜であることを説明している。

以上の総括的な結論が第 8 章でまとめられている。

ヘテロ構造は磁性の基礎研究からスピントロニクスなどの応用研究まで幅広い分野で重要な物質である。その特性にはヘテロ界面が関わっていることは知られていたが、複雑な埋もれた界面における電子磁気構造を調べた研究はこれまでほとんどなかった。論文提出者はこの問題に対して、自身で成長を制御したヘテロ構造を作成し、さらに伝統的な X 線磁気分光法と新たな磁気プローブ法を組み合わせることで構造と磁性の系統的な実験を行った。その結果、ヘテロ構造界面における面直及び面内方向の電子磁気構造を明らかにし、さらに微視的相互作用に対する知見も得るに至った。これらの研究はオリジナリティーが認められ、また統合した本博士論文は今後この分野の研究発展に寄与するものであり、学位論文としてふさわしい重要な意義を持つと評価できる。尚、本論文内容の一部はすでに 1 遍の掲載済み論文として公表されており、また別途 4 編の論文としても投稿が予定されている。

したがって、論文提出者は博士（理学）の学位を授与できると認める。