

## 論文審査結果の要旨

氏名 林 慶

3d 遷移金属薄膜の磁性の研究は古くから行われており、現在の物性物理学の重要な研究テーマの1つである。真空技術や MBE などの製膜技術の最近の発展にともない、原子層レベルで制御された金属多層膜や人工格子の作成とその物性評価が行われるようになった。これらの系では格子定数を人工的に伸縮することで薄膜特有の構造と磁性が実現でき、低次元磁性や界面磁性が現れる点で物理的にも非常に興味深い。これまでに基板に依存した構造に対して磁性を調べる研究が実験と計算の両面で数多くなされ、構造と磁性の関係が調べられてきた。

本研究は、格子ミスフィットが大きい系の構造と磁性の関係を解明することを目的とし、Rh(001)と Pd(001)表面上に室温で蒸着して成長させた Fe 薄膜について実験と計算を行ったものである。

本研究では、角度分解光電子分光 (ARPES)、スピン・角度分解光電子分光 (SARPES)、X 線光電子回折 (XPD)、軟 X 線吸収磁気円二色性 (XMCD)、光電子スペクトルの磁気線二色性 (MLDAD) を用いて、Fe 薄膜の構造と磁性を微視的な観点から総合的に解明しようとしたものである。実験は高エネルギー加速器研究機構のフォトンファクトリーにある各ビームラインで行った。

格子ミスフィットは Rh では Bulk fcc Fe の方が、Pd では Bulk bcc Fe の方が小さくなる。これらの系で Fe 薄膜の構造を調べた研究はいくつかあるが、統一した見解は存在せず、磁性との関係を解明したものはない。

Fe/Rh(001)の構造と磁性に関して Fe 薄膜の構造と電子状態を ARPES、SARPES、XPD によって調べた。その結果、Fe 薄膜は面内では格子が広がっているが、表面垂直方向では縮んでいることがわかった。また、Fe 薄膜の表面構造が 6ML で fct(001)構造から distorted bcc(110)構造に変化することが明らかになった。層間距離が膜厚の増加にともなって徐々に大きくなり、6 原子層 (ML)以上で一定になることから、層間距離の変化が構造変化の原因であると結論づけている。さらに XMCD の実験を行い磁気状態の膜厚依存性を調べたところ、Fe 薄膜は 2ML 以下では強磁性を示さないことを見だし、Rh には磁化が見られず、界面近傍で Fe は磁化していないと結論した。また、SARPES から  $T_c$  を見積もったところ、 $T_c$  は膜厚が薄くなるにしたがって低くなり、2ML で 0K になることを明らかにした。

Fe/Pd(001)の構造と磁性に関しては、Fe 薄膜の構造と電子状態を ARPES と XPD によって調べた。その結果、Fe 薄膜は面内では格子が縮んでいるが、垂直方向では伸びていることがわかった。しかし Fe/Rh(001)と異なり層間距離に顕著な膜厚依存性は観測されず、表面構造は常に bct(001)構造であることが明らかになった。さらに磁性を MLDAD によって調べたところ、膜厚が 1ML で

も Fe 薄膜は強磁性を示すことを見出した。これは Fe 薄膜の層間距離がほぼ一定で、Fe 1 原子当たりの体積が常に強磁性を示す時の体積を越えているためと結論している。また、Pd 4p 光電子の MLDAD の結果は界面での軌道の混成により Pd に磁化が誘起されている可能性を示したが、ここには、Fe 3p 光電子の信号も重なっているため、他の内殻準位を用いた磁気二色性の実験などを行って確認する必要がある。

本研究では、理論的な背景として energetics による考察も行っている。すなわち、Fe 薄膜の構造と磁性の安定性を調べるために FLAPW 法によって全エネルギーの計算を行った。その結果、実験で得られたバンド分散は tetragonal 構造のバンド計算で非常によく説明できることがわかった。一方、この計算結果は強磁性が常に安定であることを示しているのもので、Rh(001)表面上で 1 ~ 2ML の Fe の極薄膜が強磁性を示さないことの説明ができない。これは薄膜極限では Bulk のバンド計算が適用できないため、今後の問題として残されている。

以上述べたように本研究は Fe 薄膜の構造と磁性との関係やその起因の物理に関し、分光学的手法とバンド計算の両者により解明を目指したもので、一定の範囲ではあるが、薄膜磁性の新しい物理の一面を明らかにしたといえる。

本研究は全体として共同研究者との共同の研究であるが、サンプルの製造や、主実験や考察の面で、論文提出者が主体となって研究を進めたもので、論文提出者の寄与が十分であると判断された。

従って、博士（理学）の学位を授与できるものと認められる。