



量子物理学・ナノサイエンス第 197 回セミナー

Pd(100) 超薄膜において 量子井戸状態により誘起された強磁性

講師 : 櫻木 俊輔 氏

慶應義塾大学 理工学部

日程 : 10月2日(月) 11:00-12:00

場所 : 本館 2階 H284B 物理学系輪講室

概要

遷移金属において Fe、Co および Ni のみがバルク状態で室温において安定な強磁性を発現する。近年の研究において、それらの金属以外に Pd などの遷移金属が微粒子状態において強磁性を発現することが実験的に示されてきた。金属における磁性は主にフェルミエネルギー付近の状態密度 $D(\epsilon_F)$ により特徴づけられることから、微粒子化に伴う電子状態の変化が強磁性の発現を引き起こすものと理解されているが、その詳細は明らかではなかった。本研究では、Pd(100)超薄膜に形成される d 電子量子井戸状態に起因した $D(\epsilon_F)$ の変調に伴う Pd の磁性の変化を詳細に調べた。

SrTiO₃ 基板上に堆積した Pd(100)超薄膜の磁化測定から、Pd 中に膜厚に対し振動的に自発磁化が生じ、その最大値が Ni の磁化に相当することが見出された。この振動周期は Pd のフェルミ面の形状より予想される量子井戸状態の周期と完全に一致する。これより、Pd(100)超薄膜では特定の膜厚で量子井戸状態に起因した $D(\epsilon_F)$ の増大が生じ、強磁性の発現条件である Stoner 条件が満たされることで強磁性が発現することが明らかとなった[1]。本試料について、in-situ 構造解析実験および第一原理計算から、量子井戸状態により誘起された強磁性と構造の関係について議論を行った。それより、Pd の強磁性の発現に伴い表面エネルギーに利得が生じ、それが薄膜構造の一様性を高めることが明らかとなった。また、Pd が交換分裂した際に生じたエネルギーの損失分を抑制するために、自ら格子を膨張させることが観測された。これは磁気相転移に伴い構造の変動を介して系の $D(\epsilon_F)$ が変調されるという、従来の Stoner 理論の逆効果の存在を示唆する[2]。

本結果は、遷移金属において磁性-量子井戸状態-構造歪みの三要素の相互関係により磁気状態が決定されるメカニズムを示す。この知見が他の磁性材料に拡張されることで、電子構造エンジニアリングによる材料の磁気機能のデザインが可能となることが期待される。

[1] S. Sakuragi *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 054411 (2014).

[2] S. Sakuragi, H. Tajiri, H. Kageshima, and T. Sato, arXiv:1612.06216.

連絡教員 物理学系 平原 徹 (内線 2365)