

超薄铁薄膜中量子阱态诱导的吉尔伯特阻尼振荡

陈越¹、袁喆²、沈茜²、吴义政²

¹北京师范大学物理学系高等量子研究中心, 北京 100875

²复旦大学物理系, 上海 200433

Email: YChen.work@mail.bnu.edu.cn

摘要: 超薄磁性薄膜在自旋电子学器件中有着丰富的应用。当材料厚度降低到电子相干态的长度量级时, 材料中的量子尺寸效应会显著增强。对于纳米尺度受限电子系统, 电子动量只在平面内连续, 而在垂直于表面的法向上, 平移对称性的破坏使得动量离散化, 形成了量子阱态[1]。量子阱效应的出现导致低维铁磁材料中许多磁性参量表现出关于薄膜厚度的周期振荡现象, 比如磁耦合振荡、隧穿磁电阻振荡以及磁各向异性性能振荡等。吉尔伯特阻尼是决定磁性材料中磁动力学的关键参数。在本研究中我们结合铁磁共振实验和第一性原理计算, 系统研究了量子阱态对铁薄膜中吉尔伯特阻尼振荡的影响。根据扭矩关联模型(TCM)[2], 我们分析了量子阱态与低温类电导阻尼振荡的对应关系, 确定了铁中的 Δ_5^\uparrow 带是影响吉尔伯特阻尼的关键能带, 并用第一性原理计算得到了 8~10 层的阻尼振荡周期, 与实验结果一致。我们的结果揭示了受限磁性体系中电子态对磁化动力学耗散的影响, 并希望从本征的角度解释 Fe 合金中的极小阻尼来源于被抑制降低的 Δ_5^\uparrow 能带。

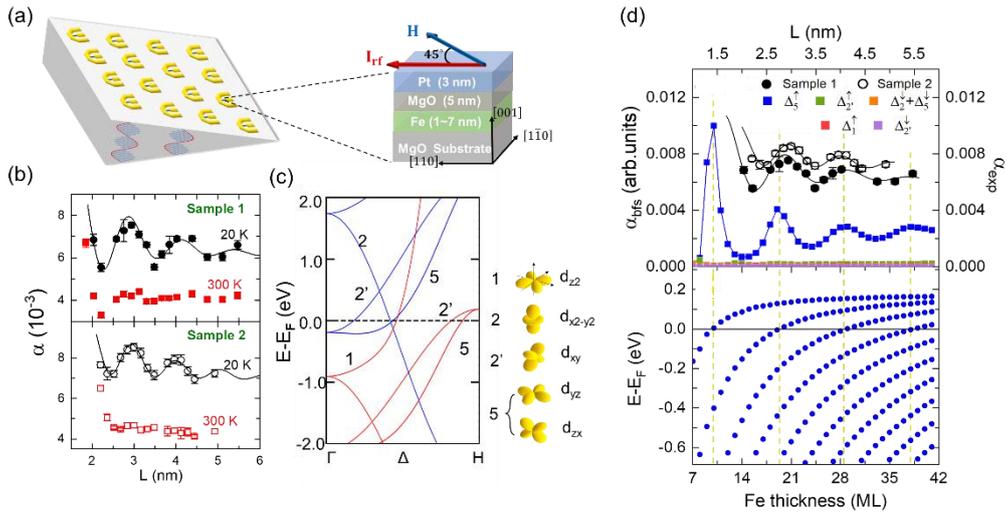


图 1. (a) 实验样品示意图。(b) 实验测量两个 Fe 薄膜样品中的阻尼, 低温 (20 K) 下得到明显的阻尼振荡。(c) Fe 能带示意图。(d) Δ_5^\uparrow 带的量子阱态能级与薄膜厚度的关系和 Fe 各能带对应的磁阻尼振荡计算结果与薄膜实验结果的比较。

关键词: 量子阱态、铁薄膜、吉尔伯特阻尼振荡

参考文献:

[1] T.-C. Chiang, Surface Science Reports 39 181(2000).

[2] K. Gilmore, Y. U. Idzerda, and M. D. Stiles. Phys. Rev. Lett. 99, 027204 (2007).