

ナノ磁性体集結群の新奇な磁気特性の究明

Study on novel magnetic properties of aggregate nanomagnets

慶大理工¹, JST さきがけ² ◯山口 明啓^{1, 2}

Keio Univ.¹, PRESTO JST², ◯Akinobu Yamaguchi^{1, 2}

E-mail: yamaguch@phys.keio.ac.jp

【はじめに】

人工格子とナノ磁性体の研究は、半導体技術や磁性研究が土壌となり、日本の研究が世界を牽引する産官学の基盤となっている。特に 1990 年以降、ナノ微細加工技術の進展に伴い、ナノメートルスケールで磁気構造を人工的に精密制御した磁性体の作製が可能となった。ナノ磁性体では、ナノスケールで磁気的な構造を装飾変調すると、そのサイズ・形状・変調構造が磁気的特性長や特性時間・特性周波数と交錯して興味深い磁気的特性を発現する。その中でも、巨大磁気抵抗効果(Giant Magnetoresistance effect: GMR 効果)の発見は、ハードディスクの読み取りヘッドや不揮発性磁気メモリの研究開発に発展し、大きな市場を生み出している。また、人工ナノ磁性体はマイクロ波領域において、バルクでは考えられない電気・磁気特性を有する現象が発見され、磁気センサーなどへの応用が期待されており、分野としてこれからも発展の可能性が非常に高い分野である。

【目的】

これまでは、ナノ磁性体の輸送特性は主に直流・低周波領域 (DC~1 MHz) で調べられてきた。しかし、数十 MHz からマイクロ波領域での輸送現象には、磁気共鳴、ソフト磁性材料の磁気円盤の磁気渦励起、マイクロ波整流作用などの興味深い現象が関連している。これらの現象は、学術のみならず MRAM やメタマテリアルをはじめとした応用と密接に関連しており、革新的なデバイス開発の要素技術として興味もたれている。本研究では、ナノ磁性体単体の高周波特性を明らかにすることとナノスケールの変調構造によって発現する新奇な磁気特性を究明する。

【成果】

得られた研究成果は、以下の通りである。

- 1) 強磁性細線におけるマイクロ波励起による直流電圧発生現象を解明し、磁気モーメントの微視的な歳差運動と伝導特性を現象論的なモデルを構築して、現象を定性的に説明することができた。
- 2) 強磁性 Fe₁₉Ni₈₁ 磁気円盤における磁気渦の動的挙動を整流効果を用いて検出することに成功し、外部磁場や直流電流による磁気渦の運動制御を実現した。また、磁気渦の self-bistability 状態を実験的に検出し、物理モデルと定性的に一致することが分かった。
- 3) 強磁性/非磁性/強磁性の多層膜構造内に実現する量子干渉効果を境界条件の空間変調を行うことによって、周期的な量子干渉効果変調を励起できることに成功した。量子干渉によって、形成される周期ポテンシャルを磁壁の運動を用いて検出し、ポテンシャルを力として直接測定できることを示した。