

研究プロジェクト名: スピントルクによる空間変調磁気構造のダイナミクス制御

概要: 本研究では、異なる強磁性層を交換結合させることで形成される界面での反強磁性構造や、外部磁場印加によって形成されるねじれた磁気構造など、人工的に形成された特徴的な磁化配列に着目する。これら空間変調磁気構造を積極的に利用することで、不均一あるいは長周期の規則配列を持つ磁気構造に与えるスピントルクの効果を系統的に調べ、スピントルクによる磁気構造制御の高効率化を目指す。これにより、反強磁性やらせん磁性など従来の強磁性体と比較して均一でない系でのスピントルクのモデルが提供可能となる。それらの知見をもとに、スピントルクを効果的に作用させるための材料の創製および物理機構の解明に取り組み、最終的にはスピントルク磁化反転の高速化および低エネルギー化に繋げることを目指す。

コアメンバー: 高梨・関G(東北大金研)、小野・森山G(京大化研)、今村G(産総研)

期待される研究成果: 当該年度までは、空間変調磁気構造のダイナミクスを用いた磁化反転機構や、反強磁性磁気構造におけるスピンホール磁気抵抗効果などを系統的に調べてきた。これらの研究項目を引き続き遂行することにより、界面での反強磁性結合や空間的に変調された磁気構造に対するスピントルクの効果をモデル化でき、反強磁性やらせん磁性など均一でない磁気構造におけるスピントルクを効果的に利用するための知見に繋がるものと期待される。また、異種磁性を積層させた構造におけるスピントルクの物理機構の理解も深化するものと考えている。さらに、応用の観点では、スピントルクやスピン軌道トルクを用いたデバイス動作の高速化や低消費エネルギー化に貢献できると考えており、次世代のスピントロニクスデバイスにおける新しい磁化操作技術へと研究展開できる可能性が大いにある。

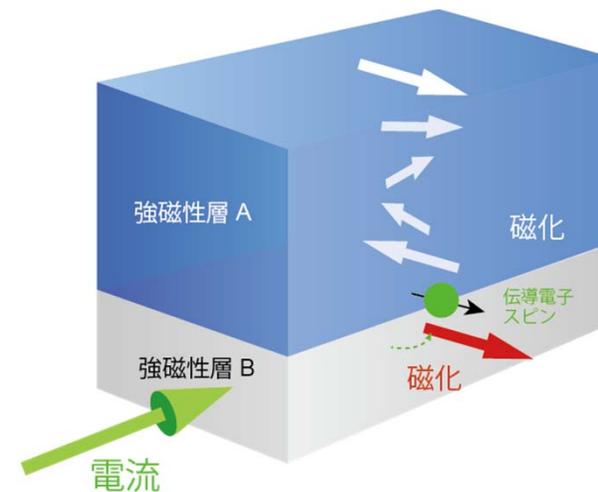


図: 強磁性層 A および B から構成され「ねじれ磁気構造」を示す積層膜におけるスピントルクの模式図。

研究プロジェクト名: スピントルクによる空間変調磁気構造のダイナミクス制御

概要: 本研究では、異なる強磁性層を交換結合させることで形成される界面での反強磁性構造や、外部磁場印加によって形成されるねじれた磁気構造など、人工的に形成された特徴的な磁化配列に着目する。これら空間変調磁気構造を積極性に利用することで、不均一あるいは長周期の規則配列を持つ磁気構造に与えるスピントルクの効果を系統的に調べ、スピントルクによる磁気構造制御の高効率化を目指す。これにより、反強磁性やらせん磁性など従来の強磁性体と比較して均一でない系でのスピントルクのモデルが提供可能となる。それらの知見をもとに、スピントルクを効果的に作用させるための材料の創製および物理機構の解明に取り組み、最終的にはスピントルク磁化反転の高速化および低エネルギー化に繋げることを目指す。

研究成果(実施状況): $L1_0$ -FePt合金とNiFe合金(パーマロイ)の交換結合膜において、空間変調磁気構造の磁化ダイナミクスを利用した磁化反転プロセスと反転条件を調べた。パルス状の高周波磁場を印加した際の磁化反転挙動を詳細に調べた結果、図1に示すように特定の領域(条件下)で磁化反転が観測された。実験結果をマイクロマグネティクスによる数値計算と比較したところ、スピン波が励起される磁場および周波数の条件でのみ共鳴的に磁化反転が進行していることが明らかとなり、磁化反転の物理機構を理解する上で有用な知見が得られた。この特徴は、多層磁気記録方式を実現する際に重要となる選択的な磁化スイッチングを可能にするものであり、応用展開に役立つものであると考えている。

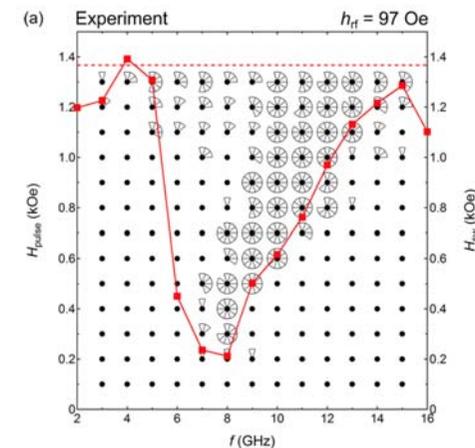


図1:パルス状の高周波磁場により評価した磁化スイッチング条件の磁場と周波数に対するマッピング。赤線は、高周波磁場を印加した状態で評価したスイッチング磁場である。

主要発表論文等: [1] W. Zhou, T. Yamaji, T. Seki, H. Imamura, and K. Takanashi, *Appl. Phys. Lett.* 110, 082401-1-5 (2017).

研究プロジェクト名: スピントルクによる空間変調磁気構造のダイナミクス制御

概要: 本研究では、異なる強磁性層を交換結合させることで形成される界面での反強磁性構造や、外部磁場印加によって形成されるねじれた磁気構造など、人工的に形成された特徴的な磁化配列に着目する。これら空間変調磁気構造を積極性に利用することで、不均一あるいは長周期の規則配列を持つ磁気構造に与えるスピントルクの効果を系統的に調べ、スピントルクによる磁気構造制御の高効率化を目指す。これにより、反強磁性やらせん磁性など従来の強磁性体と比較して均一でない系でのスピントルクのモデルが提供可能となる。それらの知見をもとに、スピントルクを効果的に作用させるための材料の創製および物理機構の解明に取り組み、最終的にはスピントルク磁化反転の高速化および低エネルギー化に繋げることを目指す。

研究成果(実施状況): $L1_0$ -FePt合金層とNiFe合金(パーマロイ)層の交換結合膜からなるナノサイズドット配列において、空間変調磁気構造の磁化ダイナミクスを利用した磁化反転プロセスを調べた。当該年度は、図1に示す直径数マイクロメートルのレーザースポットを有するマイクロ磁気光学カー効果装置を利用することで、光学的手法により磁化反転を評価することを試みた。その結果、これまでの電気的手法と同様に、 $L1_0$ -FePt合金層とNiFe合金層の磁化反転を検出することに成功し、さらに高周波磁場の印加が反転磁場の低減に有効であることが光学的手法によっても示すことができた。

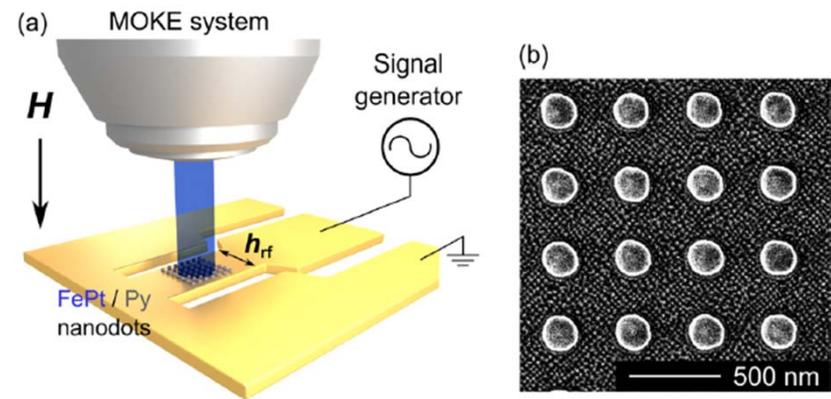


図1: (a)マイクロ磁気光学カー効果装置と試料のセットアップの模式図。(b)微細加工により作製した $L1_0$ -FePt合金層とNiFe合金層の交換結合膜からなるナノサイズドット配列の走査型電子顕微鏡像。

主要発表論文等: [1] W. Zhou, T. Seki, and K. Takanashi, *J. Appl. Phys.*, **122**, 093902-1-5 (2017).

研究プロジェクト名:スピントルクによる空間変調磁気構造のダイナミクス制御

概要: 本研究では、異なる強磁性層を交換結合させることで形成される界面での反強磁性構造や、外部磁場印加によって形成されるねじれた磁気構造など、人工的に形成された特徴的な磁化配列に着目する。これら空間変調磁気構造を積極性に利用することで、不均一あるいは長周期の規則配列を持つ磁気構造に与えるスピントルクの効果を系統的に調べ、スピントルクによる磁気構造制御の高効率化を目指す。これにより、反強磁性やらせん磁性など従来の強磁性体と比較して均一でない系でのスピントルクのモデルが提供可能となる。それらの知見をもとに、スピントルクを効果的に作用させるための材料の創製および物理機構の解明に取り組み、最終的にはスピントルク磁化反転の高速化および低エネルギー化に繋げることを目指す。

研究成果(実施状況): 当該年度は、フェリ磁性構造を有するCoGdアモルファス合金に対するスピントルクを調べた。Gd濃度を変化させたCoGd合金層とPt層の積層膜を作製し、Ptのスピントルク効果によるスピントルクをCoGd合金層の磁化に作用させた。図1に示すように、磁気抵抗効果のGd濃度依存性を系統的に調べたところ、磁化補償組成の近傍において異方性磁気抵抗(AMR)効果の符号反転が観測された。一方で、スピントルク磁気抵抗(SMR)効果の符号は、組成に依存せず一定であることが確認された。SMRの大きさはGd濃度の増加にともなって大きく減少し、Pt/CoGd界面でのスピントルクコンダクタンスがGd組成に強く依存することを示唆する結果が得られた。

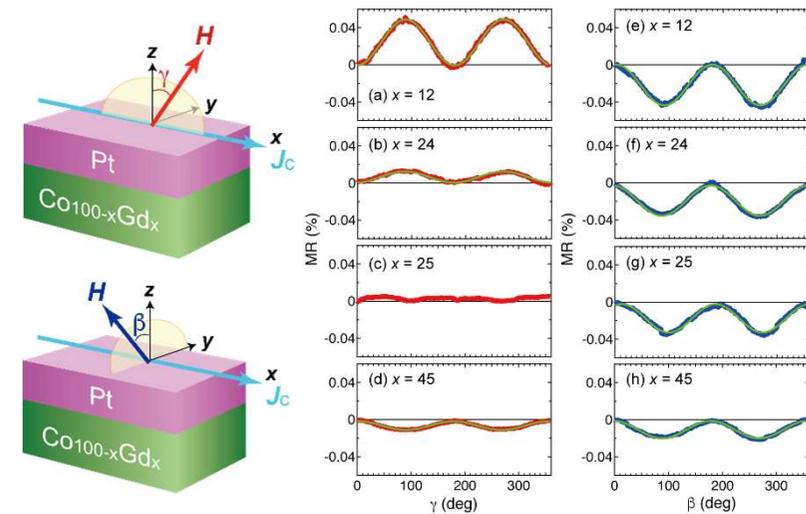


図1: CoGd/Pt積層膜の模式図および磁気抵抗効果の磁場角度依存性。(a)-(d)が異方性磁気抵抗(AMR)効果、(e)-(h)がスピントルク磁気抵抗(SMR)効果に対応している。

主要発表論文等: [1] W. Zhou, T. Seki, T. Kubota, G. E. W. Bauer, and K. Takanashi, *Phys. Rev. Mater.* 2, 094404-1-7 (2018).