

平成22年4月3日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19048023

研究課題名（和文） スピン流による磁気構造のナノスケール制御

研究課題名（英文） Nano-scale control of magnetization by spin current

研究代表者

小野 輝男 (ONO TERUO)

京都大学・化学研究所・教授

研究者番号：90296749

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・構造機能材料

キーワード：スピントロニクス

1. 研究計画の概要

電流を運ぶ伝導電子と磁化を担う磁気モーメントとの直接相互作用（スピントランスファー効果）を利用して磁化状態を制御することを目指す研究が世界的に研究されている。本研究では、微細加工を用いて作り出した磁壁や磁気渦などのモデル系におけるスピン流励起ナノスピンドイナミクスを研究することで、スピン流による磁気構造のナノスケール制御を確立することを目的とする。さらに、逆効果と考えられるナノスピン構造励起によるスピン流創出を目指す。

2. 研究の進捗状況

(1)電流誘起磁気コア共鳴運動の実時間実空間観察 (Phys. Rev. Lett. 101 (2008) 237203)

磁気円二色性を利用したX線顕微鏡を用いることで、電流誘起磁気コア共鳴運動の様子を実時間実空間観察することに成功した。シミュレーションの予測通り、磁気コアは磁気円盤中で円運動をしていることが観察された。実験結果を解析することで、電流のスピン分極率を求めることに成功した。本手法は多くの強磁性材料に適用可能であり、スピントロニクスで重要な材料定数である電流のスピン分極率の測定法を確立したといえる。

(2)ナノ秒電流パルスによる磁気コア反転 (Appl. Phys. Lett. 93 (2008) 152502)

交流電流励起によって磁気コアの向きを反転することに成功していた (Nature Materials, 6 (2007)269) が、反転に数十ナノ秒の時間がかかる、磁気コアの向きの制御性が悪いなどの問題があった。今回、ナノ秒の電流パルスを印加するだけで磁気コアの向きを反転することが可能であることを示し

た。短時間で完全に磁気コアの向きを制御することが可能であり、磁気コアメモリーの書き込み手法の確立に相当する。

(3)磁気コアメモリー (Appl. Phys. Express, 印刷中)

磁気円盤中の磁気コアを交流電流で励起すると磁気コアが回転運動を行い、磁気円盤の中心の磁化方向が回転する。この磁化の回転運動をトンネル磁気抵抗素子によって検出することで動作する3端子素子を作製した。この3端子素子が、磁気コアメモリーとしても動作することを示した。出力振幅の大きさに磁気コアの向き（ビット情報）を読み出すことが可能であることを見出した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

本研究では、微細加工を用いて作り出した磁壁や磁気渦などのモデル系におけるスピン流励起ナノスピンドイナミクスを研究することで、スピン流による磁気構造のナノスケール制御を確立することを目的としている。研究の進捗状況に記した(1)電流誘起磁気コア共鳴運動の実時間実空間観察はスピン流励起ナノスピンドイナミクス研究であり、(2)ナノ秒電流パルスによる磁気コア反転および(3)磁気コアメモリーはスピン流による磁気構造のナノスケール制御の研究に対応する。

4. 今後の研究の推進方策

現在、磁場による磁気渦励起を利用して、ナノスピン構造励起によるスピン流創出（スピン起電力の検出）の実験を行っている。スピン起電力と考えられる信号を実験的に検

出することに成功し、現在、理論およびシミュレーションによって結果を解析中である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- (1) Kunihiro Nakano, Daichi Chiba, Koji Sekiguchi, Shinya Kasai, Norikazu Ohshima, Kensuke Kobayashi, Teruo Ono, “Electrical detection of vortex core polarity in ferromagnetic disk”, Appl. Phys. Express 3, 053001 (2010).
- (2) Soo-Man Seo, Kyung-Jin Lee, Hyunsoo Yang, and Teruo Ono, “Current-Induced Control of Spin-Wave Attenuation”, Phys. Rev. Lett. 102, 147202 (2009).
- (3) Shinya Kasai, Peter Fischer, Mi-Young Im, Keisuke Yamada, Yoshinobu Nakatani, Kensuke Kobayashi, Hiroshi Kohno, and Teruo Ono, “Probing the Spin Polarization of Current by Soft X-Ray Imaging of Current-Induced Magnetic Vortex Dynamics”, Phys. Rev. Lett. 101, 237203 (2008).
- (4) Hironobu Tanigawa, Tomohiro Koyama, Maciej Bartkowiak, Shinya Kasai, Kensuke Kobayashi, Teruo Ono, Yoshinobu Nakatani, “Dynamical Pinning of a Domain Wall in a Magnetic Nanowire Induced by Walker Breakdown”, Phys. Rev. Lett. 101, (2008) 207203.
- (5) Keisuke Yamada, Shinya Kasai, Yoshinobu Nakatani, Kensuke Kobayashi, and Teruo Ono, “Switching magnetic vortex core by a single nanosecond current pulse”, Appl. Phys. Lett. 93, (2008) 152502.
- (6) Shinya Kasai, Kunihiro Nakano, Kouta Kondou, Norikazu Ohshima, Kensuke Kobayashi, and Teruo Ono, “Three-Terminal Device Based on the Current-Induced Magnetic Vortex Dynamics with the Magnetic Tunnel Junction”, Appl. Phys. Express 1 (2008) 091302.
- (7) T. Ono and Y. Nakatani, “Magnetic Domain Wall Oscillator”, Appl. Phys. Express 1 (2008) 061301.
- (8) A. Himeno, K. Kondo, H. Tanigawa, S. Kasai, and T. Ono, “Domain wall ratchet effect in a magnetic wire with asymmetric notches”, J. Appl. Phys. 103, 07E703 (2008).

[学会発表] (計 9 件)

- (1) Teruo Ono, “Modification of Spin Wave Propagation by Current Injection”, American Physical Society March Meeting, March 17, 2010, Portland, USA
- (2) Teruo Ono, “Current-induced Domain Wall Motion in Perpendicularly Magnetized Co/Ni Wires”, 20th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces, June 23, 2009, Berlin, Germany
- (3) Teruo Ono, “Current-induced vortex core motion in magnetic disk”, Moscow International Symposium on Magnetism, June 20-25, 2008, Moscow, Russia
- (4) Teruo Ono, “Current-induced magnetization dynamics in nanomagnet”, The 5th International Workshop on Surface, Interface, and Thin Film Physics, June 17-19, 2008, Shanghai, China
- (5) Teruo Ono, “Current-induced spin dynamics in nanomagnet”, Joint EUROCORES FONE “SpiCo-SPINCURRENT-Spintra” Workshop, Quantum Transport, Magnetic Nanodevices and Spintronics, December 11, 2007, Napoli, Italy
- (6) Teruo Ono, “Electrical Manipulation of Magnetization in Nanomagnet”, The 5th International Conference on Advanced Materials and Devices, December 14, 2007, Jeju, Korea
- (7) Teruo Ono, “Switching a vortex core in a ferromagnetic disk by electric current”, Material Research Society Fall Meeting, November 26, 2007, Boston, USA
- (8) Teruo Ono, “Switching a vortex core in a ferromagnetic disk by electric current”, 4th Asian Forum on Magnetism, July 29 - August 1, 2007, Douliou, Taiwan
- (9) Teruo Ono, “Excitation of nano-spin-structure by electric current”, International Conference on Nanospintronics Design and Realization, May 21-25, 2007, Dresden, Germany

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)