

## Gd<sub>x</sub>-Fe<sub>1-x</sub>合金を用いた磁性細線の磁気特性と電流誘起磁壁移動 Magnetic properties and current induced domain wall movement of magnetic thin wires using Gd<sub>x</sub>-Fe<sub>1-x</sub> alloy

東海大工<sup>1</sup>, NHK 技研<sup>2</sup>, 長岡技科大工<sup>3</sup> (M1)海老澤 遼<sup>1</sup>, 青島 賢一<sup>2</sup>,  
(M2)高木 泰輝<sup>1</sup>, 金城 秀和<sup>2</sup>, 麻生 慎太郎<sup>2</sup>, 加藤 大典<sup>2</sup>, 船橋 信彦<sup>2</sup>, 久我 淳<sup>2</sup>,  
秋山 泰伸<sup>1</sup>, 石橋 隆幸<sup>3</sup>, 町田 賢司<sup>2</sup>

Tokai University,<sup>1</sup> NHK STRL,<sup>2</sup> Nagaoka University of Technology,<sup>3</sup> Ryo Ebisawa<sup>1</sup>,  
Kenichi Aoshima<sup>2</sup>, Taiki Takagi<sup>1</sup>, Hidekazu Kinjyo<sup>2</sup>, Shintaro Aso<sup>2</sup>, Daisuke Kato<sup>2</sup>,  
Nobuhiko Funabashi<sup>2</sup>, Kiyoshi Kuga<sup>2</sup>, Yasunobu Akiyama<sup>1</sup>, Takayuki Ishibashi<sup>3</sup>, Kenji Machida<sup>2</sup>  
E-mail: starfox0583@gmail.com

広視域のホログラム表示用ディスプレイとして、磁気光学(MO)SLMの研究を行っている<sup>1)</sup>。これまでにパッシブ駆動<sup>1)</sup>、素子選択トランジスタを用いたアクティブ駆動の MOSLMを開発してきた<sup>2)</sup>。広視域のホログラフイーの生成にはトランジスタを高集積し、1 $\mu$ m程度の画素ピッチを有した MOSLMが必要である。しかし、高集積した場合、そのトランジスタサイズが小さくなり、

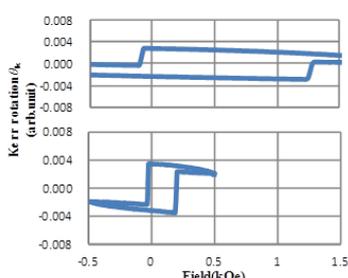


Fig.1 Kerr loop of Gd<sub>x</sub>-Fe<sub>1-x</sub> magnetic wire

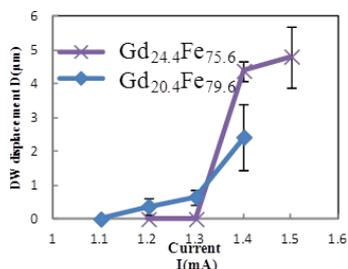


Fig. 2 Domain wall displacement

注入できる電流値が限られてくるために、磁化反転に要する駆動電流の低減が重要である。近年、アモルファス希土類-遷移金属(RE-TM)合金を用いた磁性細線において、低電流で磁壁移動による磁化反転が報告されている<sup>3)</sup>。今回磁壁移動による磁化反転を用いた光変調素子を目指し、Gd<sub>x</sub>-Fe<sub>1-x</sub>を用いた磁性細線の特性を調査した。

今回作製した磁壁移動素子は Gd<sub>x</sub>-Fe<sub>1-x</sub> 磁性細線(幅:500nm、厚:15nm、x=20.4, 24.4)、電極、初期磁区形成用ハード膜からなる構成とした。ハード膜はサブミクロンサイズに加工し、細線下に埋め込む構造とした。素子作製にはスパッタによる製膜、電子線描画、イオンミリング、リフトオフを用いて作製した。

マイクロ Kerr 測定装置( $\lambda$ :658nm)を用いて磁性細線の磁化反転特性を評価した。初期化磁界として素子に対して面直方向に+8kOeを印加し、その後磁化特性を測定した。Fig. 1 からどちらのヒステリシスループもプラス磁界の反転磁界は大きく、マイナス磁界の反転磁界は小さいという非対称なループであった。これはプラス磁界での反転は一斉磁化反転、マイナス磁界での反転は、磁壁移動による磁化反転だと考えられる。マイナス磁界の時ハード膜からの漏れ磁界によりハード膜の両端の位置にハード膜とは逆向き(マイナス)の磁

区が現れるからである。Gd<sub>24.4</sub>Fe<sub>75.6</sub>は-70Oe、Gd<sub>20.4</sub>Fe<sub>79.6</sub>は-30Oeで磁壁移動による磁化反転(デピンニング磁界)した。Gd<sub>24.4</sub>Fe<sub>75.6</sub>の方が一斉磁化反転では約 6.6 倍大きくデピンニング磁界は約 2.3 倍大きかった。一斉磁化反転では Gd<sub>24.4</sub>Fe<sub>75.6</sub>だと補償組成に近いために、反転磁界が大きく変化し、デピンニング磁界では一斉磁化反転ほど差がなかった。この結果からデピンニング磁界は組成の影響が少ないと考えられる。また、Fig. 2 に電流誘起磁壁移動特性を示し、以下のように測定した。外部磁界 8kOe を印加しハード膜と磁性細線の磁化方向を上向きに揃え、磁界をゼロとして初期化、毎初期化後、パルス幅 0.5 $\mu$ s の電流を注入した。その後、MO 顕微鏡で磁壁の移動を観察し磁壁の移動距離を 10 回測定した。どちらの組成でも磁壁の動き出しが 1.4mA で、移動距離にあまり差がなかった。これは、デピンニング磁界の差が 40Oe と、あまり差がなかったためだと考えられる。また、500nm 幅の細線で 1.4mA における電流密度は 1.8 $\times 10^7$  A/cm<sup>2</sup>に相当し、これまでに報告されている Co/Pd などを用いた細線 (6.2 $\times 10^7$  (A/cm<sup>2</sup>)<sup>4)</sup>よりは低電流ではあったが、Tb-Fe-Co 合金を用いた細線ほどの低電流化を実現することは出来なかった。

1) K. Aoshima et al., "J. Display Technol.", vol. 11, no. 2, pp. 129-135, 2014. 2) K. Aoshima, et al., J. Display Technol., 12, pp.1212-1217, 2016

3) H. Awano, J. Magnetism and Magnetic Materials 383 (2015) 4) Pin.Ho : "Oersted Field and Spin Current Effects on Magnetic Domains in [Co/Pd]<sub>15</sub> Nanowires", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Vol. 52, No. 6 (2016)