

Gd_x-Fe_{1-x} 合金磁性細線における電流誘起磁壁移動特性の組成依存性

海老澤 遼¹, 青島 賢一², 加藤 大典², 船橋 信彦², 久我 淳², 秋山 泰伸¹, 町田 賢司²
(東海大工¹, NHK 技研²)

Current induced domain wall movement of magnetic wires with various composition of Gd_x-Fe_{1-x} alloy

Ryo Ebisawa¹, Kenichi Aoshima², Daisuke Kato², Nobuhiko Funabashi²,

Kiyoshi Kuga², Yasunobu Akiyama¹, Kenji Machida²

(Tokai University.¹, NHK STRL.²)

はじめに

広視域ホログラフィ表示用ディスプレイとして、高精細化を目指した磁気光学(MO)空間光変調器(SLM)の研究を行っている¹⁾。画素の高精細化に伴う画素選択トランジスタサイズ縮小による駆動電流低下のため、磁化反転に要する電流の低減が必須となっている²⁾。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、低電流での磁壁移動が報告されている³⁾。我々は電流誘起磁壁移動を用いた MOSLM 実現を目指し、RE-TM 合金である Gd_x-Fe_{1-x} に着目し、様々な組成の Gd-Fe 磁性細線素子を作製してきた。これまでに外部磁界での磁化反転特性、初期磁区形成方法および基本的な電流誘起磁壁移動特性について報告をした。今回、パルス幅や組成を変えたときの電流誘起磁壁移動特性について調べたので報告する。

実験方法

作製した磁性細線は Gd_x-Fe_{1-x} 磁性細線(幅:500nm、厚:15nm、x=0.204, 0.230, 0.244)、電極、初期磁区形成用ハード膜(0.5μm×3.0μm)からなる構成とし、ハード膜は細線下に埋め込む構造とした。これら素子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(λ:408nm)を用いて磁性細線の磁化反転特性を評価した。電流誘起磁壁移動実験では、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初期化、磁界をゼロとして、(Gd_{0.244}-Fe_{0.756} では初期磁区をつくるための逆向きに電流注入)、パルス幅 50ns, 1μs 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電流注入前後の MO 差分像から移動速度を算出(5回の平均)した。各々の測定を5回繰り返し移動速度の平均および標準偏差(エラーバー)を求めた。

実験結果

Fig. 1 に磁性細線部の磁化反転特性をマイクロ Kerr にて測定した結果を示す。これまでの研究で報告したように、ど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。プラス磁界側の反転は、一斉磁化反転、マイナス磁界での反転は磁壁移動による反転と、反転モードが異なるため非対称なループが得られたのだと考えられる。Gd が多い組成ほど、プラス側の反転磁界が大きかったが、マイナス磁界の反転磁界は組成依存性が見られなかった。また、Fig. 2 に電流誘起磁壁移動特性を示す。どちらのパルス幅でも Gd が多い組成ほど、閾電流密度が低く、電流密度を大きくすると磁壁移動速度は大きくなった。1μs では 21.3MA/cm²、50ns では 28.0MA/cm² 以上の電流密度では、マルチドメインになった。また、1μs のパルス幅では、50ns のパルス幅よりも低電流密度で磁壁が動くことを確認できた。Gd_{0.244}-Fe_{0.756} の閾電流密度(J_c)は、1μs では 13.3MA/cm²、50ns では 16.0 MA/cm² であった。これはパルス幅が大きい程発熱が大きく、低電流で動いたためと考えている。反転磁界が大きい Gd が多い組成では J_c は小さく、移動速度は速かった。Gd_{0.25}Fe_{0.75} が本材料の補償組成であり、この補償組成に近い Gd_{0.244}-Fe_{0.756} においては、飽和磁化(M_s)が下がったため、閾電流密度が下がった⁴⁾のだと考えられる。

参考文献

- 1) K. Aoshima, et. al, *J. Display Technol*, vol. 11, no. 2, pp. 129-135, (2015)
- 2) K. Aoshima, et. al, *J. Display Technol*, vol. 12, no. 2, pp.1212-1217, (2016)
- 3) H. Awano, *J. Magn. Mater.*, vol. 383, pp.50-55 (2015)
- 4) S-W. Jung, et. al, *Appl. Phys. Lett.*, 92, 202508 (2008)

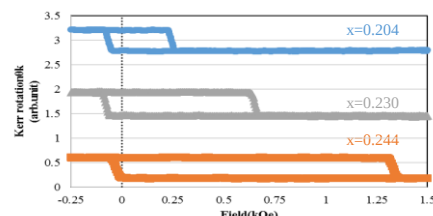


Fig.1 Kerr loop of Gd_x-Fe_{1-x} magnetic wire

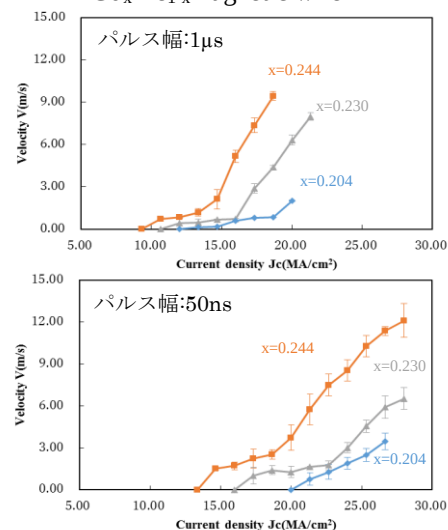


Fig. 2 Domain wall velocity