

## TbFe/GdFeCo 二層膜の Gilbert ダンピング定数の層構成依存性

東出智寛, 代兵, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡, 綱島滋\*  
(名古屋大学, \*名古屋産業科学研究所)

Gilbert damping constant of TbFe/GdFeCo bilayers with various layer stacks

T. Higashide, B. Dai, D. Oshima, T. Kato, S. Iwata, S. Tsunashima\*  
(Nagoya Univ., \*Nagoya Industrial Science Research Institute)

### はじめに

スピン注入磁化反転は次世代の不揮発性メモリである MRAM の磁化反転手法として利用されている。スピン注入磁化反転は素子サイズの微少化に伴い、磁化の反転に必要な反転電流が減少するため高密度化に有効な手段であるが、10Gbit 級の MRAM 実現には更なる高効率磁化反転手法の開発が求められている。これまでに我々の研究グループは希土類-遷移金属である GdFeCo や GdFeCo/TbFe 二層膜をメモリー層とする垂直磁化型のスピン注入磁化反転素子を作成し、磁化反転臨界電流密度  $J_c$  および  $J_c$  と密接な関係のある二層膜のダンピング定数  $\alpha$  を調べてきた<sup>1,2,3</sup>。今回我々は様々な層構成の TbFe/GdFeCo 二層膜を作成し、そのダンピング定数  $\alpha$  を超短パルスレーザーを用いた pump-probe 法により評価した。

### 実験方法

超高真空マグネトロンスパッタリング装置により、熱酸化膜付き Si 基板上に substrate / Ta (5 nm) / CuAl (30 nm) / Ta (3 nm) / Tb<sub>16</sub>Fe<sub>84</sub> (x nm) / Gd<sub>21</sub>(FeCo)<sub>79</sub>(10-x nm) / Ta (2 nm) 及び二層膜の層順を入れ替えた substrate / Ta (5 nm) / CuAl (30 nm) / Ta (3 nm) / Gd<sub>21</sub>(FeCo)<sub>79</sub>(10-x nm) / Tb<sub>16</sub>Fe<sub>84</sub> (x nm) / Ta (2 nm) を成膜した。pump-probe 測定で S/N を向上させるため、この膜上に RF マグネトロンスパッタにより SiN (40 nm) を成膜した。試料の磁化ダイナミクスは、中心波長 1050nm, パルス幅 1 ps, 繰り返し周波数 100 kHz のファイバーレーザーを用いた pump-probe 法により測定した。測定時には膜面法線方向から 50 度傾けた方向に外部磁界を最大 12 kOe 印加した。

### 結果と考察

Fig. 1 は外部磁界 5 kOe を加えて、GdFeCo(10 nm) 単層膜及び GdFeCo(9 nm) / TbFe(1 nm) 二層膜、および層順の異なる TbFe(1 nm) / GdFeCo(9 nm) 二層膜の歳差運動を pump-probe 法により観察した結果を示している(黒丸)。磁化の歳差運動を減衰振動関数  $e^{-t/\tau} \sin \omega t$  によりフィッティング(実線)し、 $\omega$  と  $\tau$  の外部磁界依存性からダンピング定数  $\alpha$  を求めた。GdFeCo 単層膜の  $\alpha$  は 0.046 であったが、TbFe 層を 1 nm 挿入し GdFeCo(9 nm) / TbFe(1 nm) 二層膜とすることで  $\alpha = 0.315$  と大幅に増加した。過去に報告した GdFeCo(9 nm) / TbFe(1 nm) 二層膜をメモリー層とするスピン注入素子では、TbFe(1 nm) を挿入することによる  $J_c$  の増加は 2 倍程度であった。この結果は、ダンピング定数と  $J_c$  の間の関係が単純な比例関係ではないことを示している。層順を逆にした TbFe(1 nm) / GdFeCo(9 nm) 二層膜においては  $\alpha = 0.291$  となり、GdFeCo(9 nm) / TbFe(1 nm) 二層膜では GdFeCo 及び TbFe の層順がダンピング定数に与える影響は小さいという結果を得た。

### 参考文献

- 1) B. Dai et al., IEEE Transactions Magnetics, **49**, issue7, pp.4359-4362(2013)
- 2) B. Dai et al., The 37th Annual Conference on MAGNETICS in Japan(2013)
- 3) T. Higashide et al., IEEE International Magnetics Conference 2015, Beijing, China HP-07 (2015).

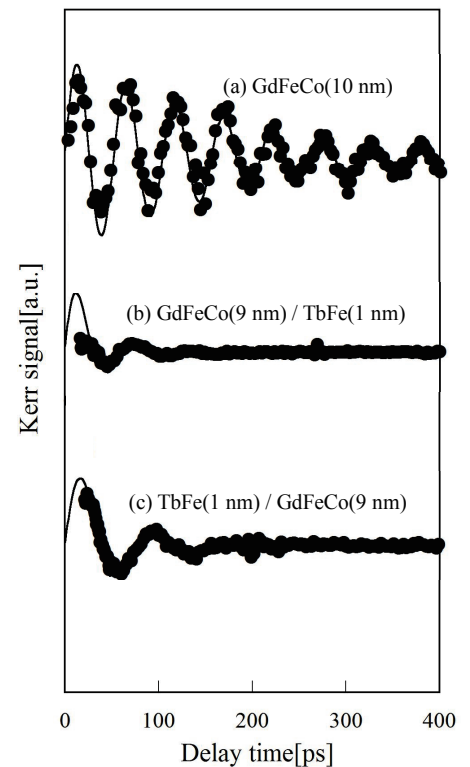


Fig1. TRMOKE waveforms of (a) GdFeCo(10 nm) single layer, (b) GdFeCo(9 nm) / TbFe(1 nm), and (c) TbFe(1 nm) / GdFeCo(9 nm) bilayer under an external field at  $H_{ext} = 5$  kOe.