

# 希土類遷移金属 GdFeCo フェリ磁性薄膜における 磁気静特性及び磁化動特性の膜厚依存性

植田涼平<sup>1</sup>, 吉川大貴<sup>1</sup>, 塚本新<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 日本大学大学院理工学研究科, <sup>2</sup> 日本大学理工学部)

## Thickness Dependence of Static and Dynamic Magnetic Properties in Rare-earth Transition Metal Ferrimagnetic GdFeCo Thin Films

R. Ueda<sup>1</sup>, H. Yoshikawa<sup>1</sup>, A. Tsukamoto<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Graduate School of Science and Technology, Nihon Univ., <sup>2</sup> College of Science and Technology, Nihon Univ.)

**はじめに** 磁性薄膜では、磁性層の膜厚ごとに膜の全体積に占める界面近傍領域の体積の割合が大きく変化するため、磁気的特性も変化すると考えられる。そして磁気的特性には、磁気異方性エネルギー $K_u$ や飽和磁化 $M_s$ 、保磁力 $H_c$ に代表されるような磁気静特性と、Gilbertダンピング定数 $\alpha$ や歳差運動周波数 $f$ に代表される磁化動特性がある。これらの特性は磁気記録において重要な指標となるが、磁化動特性のパラメータはサブピコ秒のスケールで歳差運動をする磁化の動きを計測する必要があるため、評価が難しい。そこで、磁気静特性のパラメータから磁化動特性のパラメータを見積もることが求められるが、両特性の相関の有無が問題となる。本報告では磁気静特性のみならず、動特性にも大きな組成、温度依存性が報告されている<sup>1)</sup>フェリ磁性GdFeCo薄膜に着目し、10 nm~25 nmの膜厚範囲において、磁気静特性である正味の飽和磁化 $M_s$ と磁気異方性エネルギー $K_u$ 、磁化動特性である歳差運動周波数 $f$ 、ダンピング定数 $\alpha$ の膜厚依存性を検討する。

**磁気静特性の評価** 測定試料は、DCマグネトロンスパッタ法により作製したSiN (60 nm) / Gd<sub>22</sub>Fe<sub>68.2</sub>Co<sub>9.8</sub> (t nm) / SiN (5 nm) / glass sub. (t = 10, 15, 20, 25) を用いる。まず、超伝導量子干渉素子型磁束計を用い、膜面垂直方向と膜面内方向に磁場を印加した際の磁化曲線を計測した。飽和磁化 $M_s$ と磁気異方性エネルギー $K_u$ の膜厚依存性をFig.1に示す。 $M_s$ は膜厚が厚くなるとともに減少する。また、膜厚に依存しない界面の磁化を $M_{sf}$  emu/cm<sup>2</sup> と、膜厚に依存する内部の磁化を $M_v$  emu/ccと仮定し、 $M_s \cdot t$  emu/cm<sup>2</sup>を次のように示す。

$$M_s t = M_v t + M_{sf}$$

$M_s \cdot t$ の膜厚依存性を評価した結果、 $M_v = 54.85$  emu/cc,  $M_{sf} = 1.0 \times 10^4$  emu/cm<sup>2</sup>を得た。これは、今回の膜厚範囲においては、 $M_{sf}$ が大きいため、特に膜厚が薄いほどその寄与が大きくなることを意味している。一方、磁気異方性エネルギー $K_u$ に関しては、本測定範囲においてほぼ一定の値であり、 $2.7 \times 10^5$  erg/ccであった。本膜厚範囲においては、主に正味の磁化 $M_s$ に膜厚依存性を生じることが明らかとなった。

**磁化動特性の評価** 中心波長800 nm, パルス幅90 fs (半値全幅) のレーザーを光源としたポンプ・プローブ法により、膜面法線から72°傾けた外部磁界 $H_{ext} = 178$  mTを印加し、磁化応答を室温にて測定した。測定結果をFig.2に示す。歳差運動周波数 $f$ 、Gilbertダンピング定数 $\alpha$ 共に膜厚が薄くなるとともに減少している。 $f$ の膜厚に対する変化は、 $f$ は実行磁界 $H_{eff}$  (異方性磁界, 自己減磁界, 印加磁界のベクトルの和) に比例する<sup>1)</sup>が、磁気静特性の $K_u$ が一定かつ $M_s$ が減少することにより相対的に垂直磁気異方性磁界が増加し、結果として $H_{eff}$ が増加する傾向と対応している。一方、 $\alpha$ については前述の通り磁気静特性との相関が依然明らかではないが、膜厚の減少とともに $\alpha$ 値も減少する傾向が見られ、 $M_s$ の膜厚依存性ととも、界面近傍での実効的な希土類金属の組成比が低い領域の存在を示唆している。

**謝辞** 本研究の一部は、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(S1311020)の助成により行った。

### 参考文献

- 1) A. Tsukamoto, T. Sato, S. Toriumi, and A. Itoh "Precessional switching by ultrashort pulse laser : Beyond room temperature ferromagnetic resonance limit", *Journal of Applied Physics*, vol. 109, 07D302 (2011).

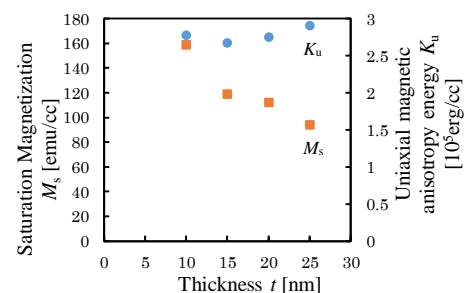


Fig. 1 Thickness dependence of saturation magnetization  $M_s$  and uniaxial magnetic anisotropy energy  $K_u$  in GdFeCo thin films.

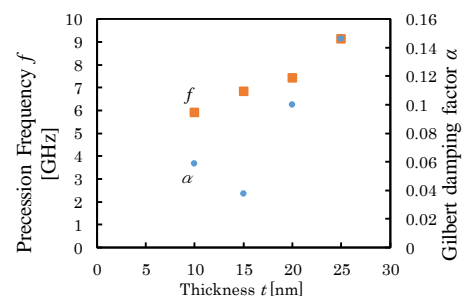


Fig. 2 Thickness dependence of precession frequency  $f$  and Gilbert damping factor  $\alpha$  in GdFeCo thin films.