

# 新規磁化ダイナミクス計測法による 磁性薄膜におけるダンピング定数と磁気ひずみの評価

遠藤 恭<sup>1</sup>, 森 修<sup>2</sup>, 藪上 信<sup>1</sup>, 内海 良一<sup>2</sup>, 島田 寛<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup> 東北大, <sup>2</sup> (株)東栄科学産業)

Estimation of Damping Constant and Saturation Magnetostriction in Magnetic Thin Films  
Using New Magnetization Dynamics Measurement Method

Yasushi Endo<sup>1</sup>, Osamu Mori<sup>2</sup>, Shin Yabukami<sup>1</sup>, Ryoichi Utsumi<sup>2</sup>, Yutaka Shimada<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup> Tohoku Univ., <sup>2</sup> Toei Scientific Industrial Co.,Ltd)

## はじめに

MRAMや磁気ヘッドなどの磁気デバイスを開発していく上で、デバイスを構成する磁性薄膜の磁化ダイナミクスを検討することが重要である。この磁化ダイナミクスは一般に磁化の歳差トルクと制動（ダンピング）トルクからなり、制動トルクを決めるダンピング定数 ( $\alpha$ ) は磁化ダイナミクスの主要なパラメータのひとつである。我々はこれまでに Ni-Fe 膜や Ni-Fe-M 膜 (M: 添加元素) における  $\alpha$  と磁気ひずみとの相関関係を明確にしてきた<sup>1)</sup>。さらに、これらのパラメータの相関関係を詳細に検討するために、 $\alpha$  と磁気ひずみを同時に計測できる新規磁化ダイナミクス計測法を開発した。本研究では、本計測法を用いて、Fe-M (M=Ni, Si, Ga) 薄膜の  $\alpha$  と磁気ひずみを評価した。また、磁気ひずみに関しては従来の計測法と比較検討した。

## 実験方法

Fe-M (M=Ni, Si, Ga) 薄膜は、0.15 mm もしくは 0.5 mm 厚のガラス基板上に DC マグネトロンスパッタを用いて作製した。作製した薄膜試料の  $\alpha$  と磁気ひずみを、新規磁化ダイナミクス計測法を用いて評価した。この新規計測法は以下の通りである。信号検出用プローブにはインピーダンス整合を考慮した 2 ポート型マイクロストリップ線路 (Microstrip Line: MSL) プローブを用いた。作製した薄膜試料を湾曲した試料台に配置して引っ張り応力を付与すると、薄膜試料内部の異方性が変化する。この応力負荷された薄膜試料表面に MSL プローブを近接配置して強磁性共鳴周波数 ( $f_{\text{res}}$ ) を計測する。応力負荷時と無負荷時での薄膜試料の  $f_{\text{res}}$  の違いから、その飽和磁気ひずみを求める。また、無負荷時の  $f_{\text{r0}}$  とその半値幅を用いて  $\alpha$  を評価する。

## 結果および考察

図 1 は応力負荷の有無での 10 nm 厚の Fe<sub>80</sub>Si<sub>20</sub> 膜における強磁性共鳴周波数 ( $f_{\text{res}}$ ,  $f_{\text{r0}}$ ) の外部磁界 ( $H_{\text{ex}}$ ) による変化である。曲率半径は約 0.088 m と算出した。応力負荷無負荷に関わらず、 $f_{\text{res}}$  および  $f_{\text{r0}}$  は  $H_{\text{ex}}$  の増加とともに高い周波数帯へと移動した。また、応力負荷時の  $f_{\text{res}}$  はいずれの  $H_{\text{ex}}$  においても  $f_{\text{r0}}$  よりも低い周波数帯側へ移動し、その差は  $H_{\text{ex}}$  の増加とともに -115 MHz から -80 MHz となった。これらの変化は、薄膜容易軸方向へ応力負荷により発生する誘導磁気異方性によるものである。これらの値を用いて飽和磁気ひずみを算出すると、-4.46 ppm であり、光てこ法により評価した値 (-11.8 ppm)<sup>1)</sup> と若干低くなった。また、 $\alpha$  に関しては、応力無負荷時には 255 Oe 以上の外部磁界ではほぼ一定となった。その値は 0.022 である。当日、他の Fe 系薄膜の結果について報告する。

## 謝辞

本研究の一部は、東北大学スピントロニクス学術連携研究教育センター、東北大学国際集積エレクトロニクス開発センターの支援のものと行われた。また、本研究の一部は、科研費基盤研究 (B) (No. 17H03226)、科研費特別研究員奨励費 (No. 17F17070) の補助のもとで行われた。

## 参考文献

1) Y. Endo et al., J. Appl. Phys., 109, 07D336 (2011), IEEE Trans. Magn., 47, 3324 (2011), IEEE Trans. Magn., 48, 3390 (2012).

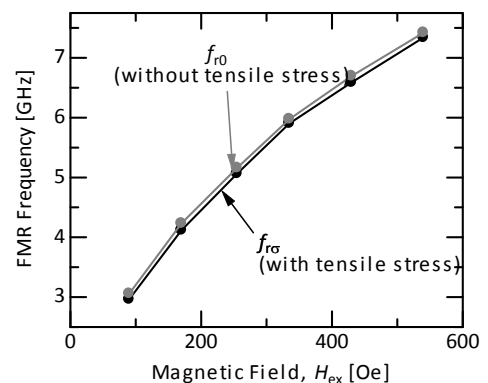


Fig. 1 Dependence of FMR frequencies on the magnetic field for 10-nm thick Fe<sub>80</sub>Si<sub>20</sub> film with and without tensile stress.