

磁性薄膜における磁気ひずみ新規高周波計測法の開発

遠藤 恭¹, 森 修², 薮上 信³, 内海 良一², 島田 寛²

(¹ 東北大、²(株)東栄科学産業、³ 東北学院大)

Development of New Measurement Method for Magnetostriction of Magnetic Thin Film

Yasushi Endo¹, Osamu Mori², Shin Yabukami³, Ryoichi Utsumi², Yutaka Shimada²

(¹ Tohoku Univ., ² Toei Scientific Industrial Co.,Ltd, ³ Tohokugakuin Univ.)

はじめに

近年、磁性薄膜の磁化ダイナミクスは磁気物性から磁気デバイス応用まで幅広い分野で注目されている。この磁化ダイナミクスを理解する上で、そのダンピング定数 (α) は主要なパラメータのひとつである。我々の研究グループではこれまでに Ni-Fe 膜や Ni-Fe-M 膜 (M: 添加元素) における α と磁気ひずみとの相関関係を明確にしてきた¹⁻³⁾。これらのパラメータの相関関係をより詳細に把握するためには、 α と磁気ひずみとを同時に計測する必要がある。本研究では、磁性薄膜として Ni-Fe を選択し、高周波伝送線路型プローブを Ni-Fe 膜に近接させ、応力負荷および無負荷による強磁性共鳴周波数の違いから飽和磁気ひずみを評価できる計測法を開発し、 α との関係を検討した。

実験方法

50 nm 厚の Ni_{0.78}Fe_{0.22}(Ni-Fe)膜は、0.15 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。作製した試料における磁気ひずみの新規高周波計測は次の通りである。高周波伝送線路型プローブにはインピーダンス整合を考慮した 2 ポートのマイクロストリップ線路 (Microstripe Line: MSL) 型プローブを用いた。作製した Ni-Fe 膜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、膜内部の異方性が変化する。この応力負荷された Ni-Fe 膜表面に、MSL プローブを近接配置して、強磁性共鳴周波数 (f_{res}) を計測する。応力負荷時と無負荷時での Ni-Fe 膜の f_{res} の違いから、その飽和磁気ひずみを求める。なお、本計測の際には、Ni-Fe 膜の磁化困難軸方向を MSL の幅方向と平行にする。

結果および考察

図 1 は応力負荷の有無による 50 nm 厚の Ni-Fe 膜における $\text{Re}[\Delta S_{21}]$ の周波数特性である。与えた歪みは厚さの変化が約 0.329 mm 程度であり、曲率半径は約 0.189 m と算出した。応力負荷による f_{res} の変化は、外部磁界強度の増加にともない応力の向きに関係なく 123 MHz から 58 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。すなわち、薄膜容易軸方向へ引っ張り応力を与えると f_{res} が高周波帯へ移動している。これらの値を用いて飽和磁気ひずみを算出すると、2.7 ppm であり、光てこ法により評価した値 (5 ppm)¹⁾ とほぼ同等である。また、 α に関しては、応力無負荷時には 50 Oe 以上の外部磁界ではほぼ一定となった。その値は 0.0075 である。この値はバルクの結果と一致している。当日、他の Ni-Fe 膜の結果について報告する。

謝辞

本研究の一部は、宮城・仙台富県チャレンジ応援基金事業の成果である。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. 26289082, 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)., 2) Y. Endo et al., IEEE Trans. Magn., 47, 3324 (2011)., 3) Y. Endo et al., IEEE Trans. Magn., 48, 3390 (2012).

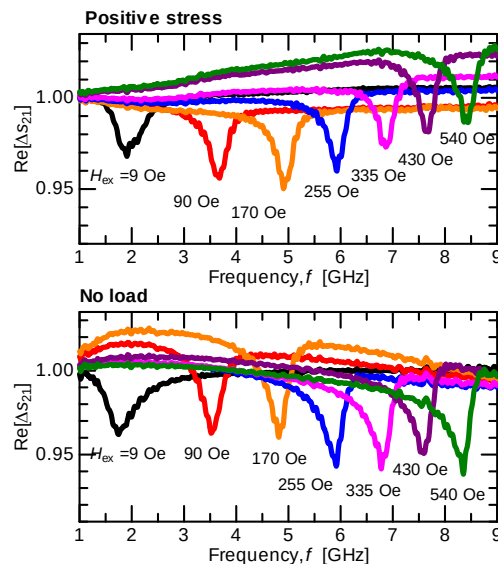


Fig. 1. Frequency dependence of FMR spectrum in 50-nm thick Ni-Fe film with and without stress loading.