

磁界掃印 CPW-FMR 測定による Ni-Fe 薄膜のダンピング定数の評価

遠藤 恭, 山口 正洋 (東北大工)

Study on the Damping Constant of Ni-Fe Thin Films Using Field-domain CPW-FMR Measurements

Yasushi Endo, Masahiro Yamaguchi (Tohoku Univ.)

はじめに 強磁性共鳴 (Ferromagnetic Resonance: FMR) 測定は, バルクや薄膜からなる磁性体のダンピング定数 α を評価する測定法の1つとして知られている¹⁾. 近年, 外部磁界を固定して, ベクトルネットワークアナライザを用いて周波数掃印させたコプレーナウェーブガイドによる強磁性共鳴 (Coplanar waveguide-FMR: CPW-FMR) 測定がいくつかの研究グループにより提案されている²⁻⁴⁾. この測定では, CPWの狭い信号線上に高周波磁界を集中させることができるために, cavityを用いた従来のFMR測定とは異なり, 幅広い周波数帯域で磁性薄膜だけでなく微小磁性体の計測が可能である. また, 磁性薄膜における磁化の過渡応答も計測できる. 本研究では, 新たに周波数を固定して外部磁界を掃印させたCPW-FMR測定により, Ni-Fe薄膜におけるダンピング定数 α の膜厚依存性を検討した. また, 得られた結果について, 従来の周波数掃印させたCPW-FMR測定により評価した結果との比較検討を行った.

実験方法 CPWの作製には, フォトリソグラフィ, DCマグネトロンスパッタおよびリフトオフ法を用いた. 作製したCPWの形状は一端が終端された1ポート型形状であり, その膜構成はガラス基板 (厚さ: 550 μm , 比誘電率 ϵ_r : 7.0) 上に製膜させたCr (5 nm)/Cu (300 nm)/Cr (5 nm)積層膜である. CPWの線路長, 信号線幅, グラウンド線幅および信号線とグラウンド線間のギャップ幅は1000, 50, 88 および12 μm とした. 薄膜試料の作製には, RFマグネトロンスパッタを用いた. 薄膜の構成は, 熱酸化Si基板上に製膜した3-50 nm厚のNi-Fe薄膜である.

作製したNi-Fe薄膜における保磁力と飽和磁化の評価にはVSMを, またダンピング定数 (α) の評価には, 磁界掃印および周波数掃印CPW-FMR測定を用いた.

結果 磁界掃印CPW-FMR測定により得られた5 nm厚のNi-Fe薄膜における s_{11} の実部の外部磁界による変化を図1に示す. いずれの周波数帯においてもディップが観測され, その位置は周波数の増加とともにより高い磁界側へ移動している. これらのディップはNi-Fe薄膜のFMRに起因している. したがって, 観測されたFMRピークの半値幅 ΔH と, そのときの周波数 f との関係からダンピング定数 α を算出した.

図2は磁界掃印および周波数掃印CPW-FMR測定により求めたNi-Fe薄膜における α の膜厚依存性である. いずれの測定の場合も, α の膜厚に対する変化はほぼ類似している. すなわち, 10 nm厚より薄い膜厚では α は急激に低下している. この原因は, より薄い膜厚において物質固有のダンピングに加えて膜表面で外的要因によるダンピングが発生していることによるものと考えられる. また, 3 nm厚の場合には磁界掃印と周波数掃印の測定により α の値が大きく異なっている. この差異は観測されたFMRピーク波形の対称性の違いに由来するものと考えられる. 一方, 10 nm厚以上の膜厚において α はほぼ一定であり, その値は0.009~0.011程度であり, Ni-Feのバルク値(0.007)に比べて大きくなっている. この原因は, 主に膜中の磁気不均一性 (磁化の異方性分散) によると考えられる.

謝辞 本研究は科研費基盤研究(B) (No. 26289082), 挑戦的萌芽 (No. 26630296), 情報ストレージ研究推進機構(SRC)の協力のもとで行われた.

- 参考文献**
- 1) J. H. E. Griffiths, Nature 148, 670 (1946).
 - 2) G. Counil *et al.*, J. Appl. Phys. 95, 5646 (2004).
 - 3) M. Toda *et al.*, J. Magn. Soc. Jpn. 31, 435 (2007).
 - 4) Y. Endo *et al.*, J. Appl. Phys. 109, 07D336 (2011).

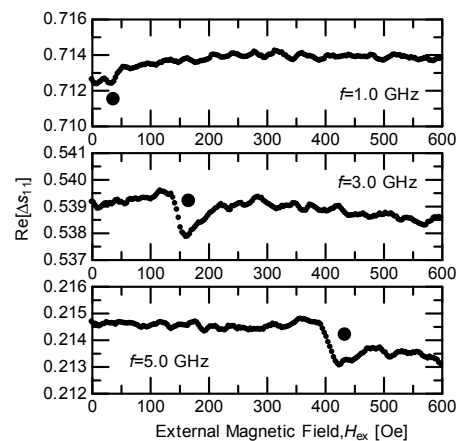


Fig. 1 Field dependence of $\text{Re}[\Delta s_{11}]$ for CPW with 5-nm-thick Ni-Fe film at frequencies.

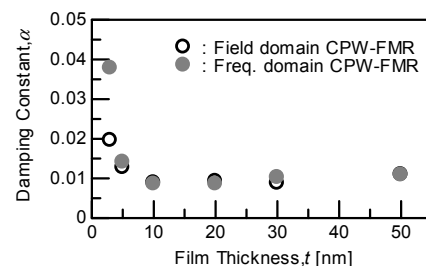


Fig. 2 Thickness dependence of damping constant α for Ni-Fe film measured with field domain and frequency domain CPW-FMR measurements.