

Fe系二元合金薄膜における面内および面直ダンピングの比較

遠藤恭, Nguyen Thi Van Anh, 川邊泰之, 島田寛 (東北大学)

Comparison Between In-plane Damping and Out-of-plane Damping in Fe Binary Alloy Thin Films

Y. Endo, T. V. A. Nguyen, Y. Kawabe, Y. Shimada (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強磁性材料のダンピング定数 (α) を評価できる計測法の1つである¹⁾. 近年, ベクトルネットワークアナライザ (VNA) と高周波伝送線路を組み合わせたブロードバンド強磁性共鳴 (Broadband FMR: B-FMR) 測定法が広く利用されている²⁻⁴⁾. FMR測定法では, 試料面に対する外部磁界の印加方向によって磁化の不均一モードの発生の有無が指摘されているものの, B-FMR測定法に限ってはその詳細について幅広い材料を用いて比較検討した例はほとんどない. 本研究では, Fe系二元合金 (Fe-M) を磁性薄膜材料として選択し, Fe-M薄膜における面内および面直ダンピングをB-FMR測定法により評価し, 比較検討を行った.

実験方法

10 nm厚のFe-M (M=Ni, Si, Co, Ga) 薄膜を, 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. これらの薄膜の組成分析はEDXを用いて行った. 作製した薄膜の動的磁気特性に関しては, 試料の膜面平行に外部磁界を印加する場合には電磁石 (最大3 kOe) を, また試料の膜面垂直に外部磁界を印加する場合には超伝導マグネット (最大90 kOe) を, それぞれ用いてVNAと伝送線路を組み合わせたB-FMR測定法を用いて評価した. なお, 測定はすべて室温で行った. また, これらの薄膜の他の特性の詳細は他の文献に記載済みである^{4,5)}.

結果および考察

表1に, Fe-M (M=Ni, Si, Co, Ga) 薄膜における有効飽和磁化, 面内および面直ダンピングを示す. 有効飽和磁化に関しては, 面内方向の場合, VSMを用いて評価した飽和磁化値 ($4\pi M_s$) に比べて高くもしくは低くなった. この原因は表面磁気異方性の大きさによるものと考えられる. また, 面直方向の場合, VSMによる $4\pi M_s$ とほぼ一致している. 一方, ダンピングに関しては, M=Niの場合には, 試料の膜面に対する外部磁界の印加方向によらずほぼ面内ダンピングと面直ダンピングの値はほぼ同程度であり, 材料固有のダンピングが観測できることを示している. 一方で, M=Si, Co, Gaの場合には, 膜面に対する外部磁界の印加方向に依存し, 面内ダンピングが面直ダンピングに比べて2~5倍高くなった. この原因は, 膜面平行に外部磁界を印加する場合2-マグノン散乱もしくは異方性分散などの磁気的不均一性による不均一モードが発生することによるものと考えられる. 以上のように, 材料によって外部磁界の印加方向を慎重に選択する必要があることを示唆している.

謝辞

本研究の一部は, 東北大学先端スピントロニクス研究開発センター, 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および情報ストレージ推進機構 (ASRC) の支援のもとで行われた. また, 本研究の一部は, 科研費基盤研究 (B) (No. 17H03226) の補助のもとで行われた.

参考文献 1) J. H. E. Griffiths, Nature 148, 670 (1946)., 2) G. Counil et al., JAP 95, 5646 (2004)., 3) M. Toda et al., JMSJ 31, 435 (2007)., 4) Y. Endo et al., JAP 109, 07D336 (2011)., 5) Y. Kawabe et al., TMSJ 3, 34 (2019) 他.

Table 1 Comparison between in-plane and out-of-plane dynamics for Fe-M binary alloy films.

Materials (Fe-M)	Fe-Ni (Fe ₂₂ Ni ₇₈) (M=Ni)	Fe-Si (Fe ₈₇ Si ₁₃) (M=Si)	Fe-Co (Fe ₈₈ Co ₁₂) (M=Co)	Fe-Ga (Fe ₇₆ Ga ₂₄) (M=Ga)
$4\pi M_{s, //}$ [kG] in case of external magnetic field // film plane	12.64	13.40	17.36	11.18
$4\pi M_{s, \perp}$ [kG] in case of external magnetic field \perp film plane	10.04	15.04	23.24	13.93
$4\pi M_s$ [kG] by VSM	10.38	15.05	19.86	14.61
In-plane damping ($\alpha_{//}$) in case of external magnetic field // film plane	0.00626	0.01082	0.03321	0.02600
Out-of-plane damping (α_{\perp}) in case of external magnetic field \perp film plane	0.00641	0.00545	0.00722	0.00741