

Co-Fe-B 薄膜における磁化ダイナミクスの温度依存性

遠藤 恭, 田中 治憲, Nguyen Thi Van Anh, 佐藤 英夫, 池田 正二, 遠藤 哲郎 (東北大学)

Change in the magnetization dynamics of Co-Fe-B thin films with temperature

Y. Endo, H. Tanaka, T. V. A. Nguyen, H. Sato, S. Ikeda, T. Endoh (Tohoku Univ.)

はじめに

MRAM, スピントルク発振素子, スピンロジック等のスピントロニクスデバイスを開発していく上で, デバイスを構成する Co-Fe-B 薄膜の磁化ダイナミクスに関する研究が盛んに行なわれている. この磁化ダイナミクスを制御するためには, 磁化ダイナミクスの主要なパラメータの一つである, 磁化の制動トルクを決めるダンピング定数 (α) を理解することが必須である. しかしながら, α の温度に対する挙動に関しては十分に理解されていない. 本研究では, 低温から室温での膜厚の異なる Co-Fe-B 薄膜の α を, ブロードバンド強磁性共鳴(FMR)測定法を用いて検討し, 得られた結果を Co-Fe-B 薄膜における α の温度依存性を議論する.

実験方法

5-15 nm 厚の Co-Fe-B 薄膜は, ガラス基板上に RF マグネトロンスパッタを用いて製膜した. 作製した Co-Fe-B 薄膜の組成は $\text{Co}_{37}\text{Fe}_{43}\text{B}_{20}$ である. 結晶構造解析および表面形状評価には XRD, TEM, AFM を用いた. なお, 結晶構造および表面形状に関しては, 膜厚に関係なくアモルファスおよび RMS の低い平坦な薄膜である. また, 高周波磁気特性に関しては, 物理特性評価装置に組み込まれた温度可変型ブロードバンド強磁性共鳴測定法 (PPMS-FMR) を用いた. 測定温度範囲は 50 K~室温である.

結果および考察

図 1 に, 15 nm 厚の Co-Fe-B 薄膜における 100 K および室温での FMR スペクトルの外部磁界依存性を示す. 50 K 以上の測定温度領域では, FMR スペクトルの微分波形が観測でき, 測定温度に関係なく周波数の増加にともない微分波形が高磁界側へ移動した. また, それらの微分波形強度 (極大と極小との差分) は測定温度の低下とともに減少した. 一方, 膜厚が 10 nm 以下の場合には, 100 K 以上の測定温度領域において膜厚 15 nm の場合と類似した結果が得られた. これらの観測されたすべての微分波形に対してローレンツ関数 (微分形) でフィッティングを行い, 共鳴磁界 (H_r) とその波形の半値幅 (ΔH_r) を決定した. 各測定温度での ΔH_r の FMR 周波数 (f_r) に対する線形増加量 (傾き) からダンピング定数 (α) を評価した. 図 2 に示すように, いずれの膜厚においても, α は温度の低下とともに増加した. これらの挙動は電気伝導度の挙動に比例しているものと考えられる¹⁾. また, 膜厚 5 nm の場合, α は 200 K 以下になると著しく増加した. この原因は温度の低下にともなう表面磁気異方性の増大もしくは異方性分散等の磁氣的不均一性の増大によるものと考えられる.

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研究推進機構 (ASRC) 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) B. Heinrich et al., J. Appl. Phys. 50, 7726 (1979).

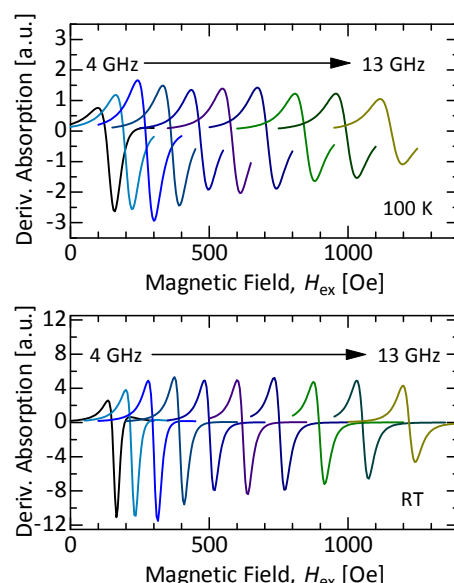


Fig. 1. FMR spectra at 100 K and RT of the 15-nm thick Co-Fe-B thin film.

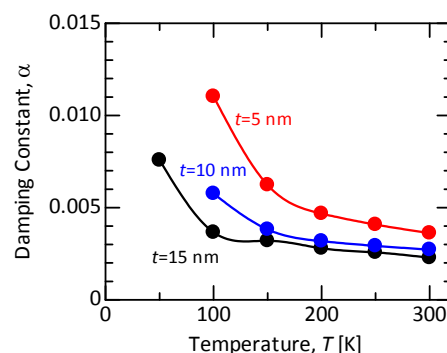


Fig. 2. Change in the damping constant (α) of various thick Co-Fe-B thin films with temperature.