

## X/Co-Fe-B 薄膜における

### 飽和磁気ひずみおよびダンピング定数の膜厚による変化

田中 治憲, 宮崎 孝道, 栢 修一郎, 遠藤 恭 (東北大学)

Change in saturation magnetostriction and damping constant of X/Co-Fe-B thin films with thickness

H. Tanaka, T. Miyazaki, S. Hashi, Y. Endo (Tohoku University)

#### はじめに

Co-Fe-B 薄膜は高い飽和磁気ひずみ ( $\lambda_s$ ) を有していることから, MTJ 素子を用いた高感度磁気ひずみ検知素子への応用が期待されている<sup>1)</sup>. これまでの研究では,  $(\text{Co}_{35}\text{Fe}_{65})_x\text{B}_{100-x}$  薄膜における  $\lambda_s$  は, B 組成の増加にともない減少することが報告されている<sup>2)</sup>. また, 10 nm 厚の Co-Fe-B 薄膜の  $\lambda_s$  値は約 31 ppm と<sup>1)</sup>, バルク値 (約 20 ppm)<sup>3)</sup> に比べて高くなることが報告されている. しかしながら, Co-Fe-B 薄膜における  $\lambda_s$  の膜厚依存性や下地層効果などについては不明瞭な点が多い. これに加えて, STT-MRAM やスピントルクダイオードなどのスピントロニクス素子の創製にあたり, Co-Fe-B 膜は素子の一部を構成し, その動的磁化挙動の重要なパラメータであるダンピング定数 ( $\alpha$ ) について理解する必要がある. 本研究では, 異なる下地層上に製膜した Co-Fe-B 薄膜における  $\lambda_s$  および  $\alpha$  について系統的に理解するために, それらの膜厚依存性について詳細に検討する.

#### 実験方法

Co-Fe-B 薄膜および下地層は RF スパッタリングおよび DC マグネトロンスパッタリングを用いて製膜した. ここで, 下地層 (X) には Cu, Ti および Pt を選択した. 膜構成に関しては, Glass Sub./X(50 nm)/ $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}$ (3–30 nm) とした.

作製した薄膜の結晶構造および表面形状解析は, XRD および AFM を用いて行った. XRD より, Co-Fe-B 薄膜の結晶構造はアモルファスであることがわかった. 磁気特性評価は, VSM, 光てこ法による高感度薄膜磁気ひずみ測定装置および B-FMR 測定装置を用いて行った.

#### 実験結果および考察

図 1 に下地層 (X) の異なる Co-Fe-B 薄膜における  $\lambda_s$  の膜厚依存性を示す. 下地層によらず,  $\lambda_s$  は膜厚の増加にともない増加する傾向を示した. また, いずれも  $\lambda_s$  値はバルク値と比較して高く, 製膜時の応力誘起によるものと考えられる. 図 2 からわかるように, 下地層により  $\alpha$  の膜厚依存性は異なった. すなわち, X = Cu の場合,  $\alpha$  は膜厚の増加にともない緩やか減少した. また, X = Ti の場合, 膜厚の増加にともない減少し, その後一定となった. バルク値に対する  $\alpha$  の増大は, 異方性分散などの磁氣的不均一性によるものと考えられる. X = Pt の場合,  $\alpha$  は 7.5 nm 厚以下では約 0.03 であり, 10 nm 厚以上では約 0.01 となった. 他の下地層に比べて  $\alpha$  が高く, スピンポンピングに由来するものと考えられる<sup>4)</sup>.

以上より,  $\lambda_s$  は下地層による依存性はなく, いずれもバルク値に比べて高くなった. 一方で,  $\alpha$  は下地層により大きく依存することがわかった.

#### 謝辞

本研究を行うにあたり, 試料作製および測定の一部に関して, 東北大学多元物質研究所 岡本 聡 教授, 菊池 伸明 助教のご協力を得ました. ここに深謝します. 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研究開発センターの支援により行われた. また, 本研究の一部は, 科研費(No. 17H03226)の補助のもとで行われた.

#### 参考文献

- 1) D. Wang *et al.*, J. Appl. Phys., Vol.97, No.10, 10C906 (2005).
- 2) C. L. Platt *et al.*, IEEE Trans. Mag., Vol. 37, No. 4 (2001)
- 3) R. C. O'Handley, *Modern Magnetic Materials Principles and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., NY, USA, (1999).
- 4) H. Lee *et al.*, J. Phys. D, Vol. 41, 215001 (2008).

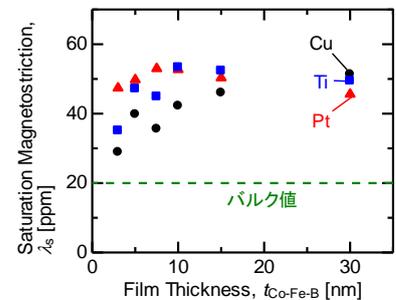


Fig. 1. Effect of underlayers on saturation magnetization.

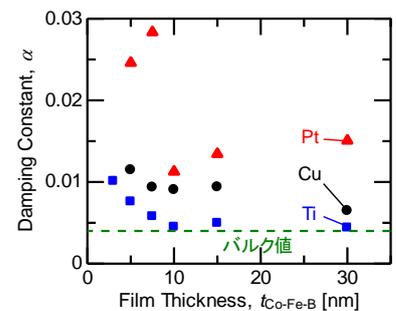


Fig. 2.  $\alpha$  of Co-Fe-B thin films on different underlayers.