

負の超磁歪を有する SmFe_2 薄膜の作製と逆磁歪効果の評価

富田誠人, 石谷優剛, 高村陽太, 中川茂樹
(東京工業大学)

Fabrication of SmFe_2 thin films with negative giant magnetostriction and evaluation of inverse magnetostrictive effect

M. Tomita, Y. Ishitani, Y. Takamura, and S. Nakagawa
(Tokyo Institute of Technology, Japan)

1 はじめに

トンネル磁気抵抗素子 (MTJ) を応用した、磁気抵抗メモリ (MRAM) は、不揮発性、高速読み書き、高書き込み耐性といった利点から次世代の RAM として期待されている。しかしながら、スピン注入磁化反転による MTJ の磁化反転時に大きな電力消費を伴うことが欠点とされる。この問題の解決策として、負の超磁歪材料を磁気トンネル接合 (MTJ) 素子のフリー層に使用し、逆磁歪効果を利用して磁化反転時の磁気異方性エネルギーを低下させ、消費電力を削減する構造の逆磁歪 MTJ (IMS-MTJ) が提案されている¹⁾。そこで、負の超磁歪材料である SmFe_2 に注目した。 SmFe_2 は、バルクで -2060 ppm という巨大な負の磁歪定数を持ち²⁾、大きな逆磁歪効果を期待できる。しかし、 SmFe_2 の薄膜状態での磁歪特性の詳細な調査は行われていない。今回は、負の超磁歪フリー層用の SmFe_2 薄膜の作製と、その逆磁歪効果について調査した結果を報告する。

2 実験方法

SmFe_2 薄膜は、対向ターゲット式スパッタ法により、厚さ $30 \mu\text{m}$ のガラス基板上に室温で Ar ガス圧 0.1Pa で成膜した。試料構造は Glass sub. ($30 \mu\text{m}$)/Ta (20nm)/ SmFe_2 (100nm)/Ta (10nm) とし、XRD により SmFe_2 薄膜の結晶性を評価した。逆磁歪効果は、3D プリンタで専用に設計した治具を用いて、試料を曲げる前後の磁化特性を VSM によって測定することで評価した。

3 実験結果

Glass sub./Ta/ SmFe_2 構造と Glass sub./Ta 構造の XRD の結果比較を Fig.1 に示す。Fig.1 からは、 SmFe_2 (220) ピークと β -Ta (002) ピークの位置が近く、はっきりとした SmFe_2 薄膜の結晶化は示せなかった。しかし、Ta 単層の構造に比べて Ta/ SmFe_2 構造のときは高角側にピークがシフトしており、 SmFe_2 が結晶化していることを示唆している。この Glass sub./Ta/ SmFe_2 構造の試料に応力を加え、逆磁歪効果を測定した。試料は、磁化容易軸方向に引張応力、困難軸方向に圧縮応力が加わるように曲げ、VSM による磁化特性測定時の印加磁界方向は困難軸方向とした。Fig. 2 は、 SmFe_2 を室温成膜した試料について、曲げることによる応力を加える前と後の磁化曲線の第一象限を拡大した図である。点線は応力の印加前、実線は応力の印加後の磁化曲線のうち、それぞれの減磁曲線を示す。応力印加前よりも印加後のほうが磁化しやすくなっていることがわかる。測定方向には圧縮応力が印加されているため、 SmFe_2 は薄膜状態でも負の磁歪定数を示すことがわかる。また、応力印加前後の磁化曲線に囲まれた領域の面積は、磁化エネルギーの変化量に相当し、その大きさは 4.9kJ/m^3 と算出できた。応力印加時の曲率半径と、 SmFe_2 の物性値から、 SmFe_2 薄膜に印加される応力の大きさは 22.4MPa と計算でき、この応力と磁化エネルギーの変化量から作製した SmFe_2 薄膜の磁歪定数は -150ppm と評価できる。この値は、バルクでの値に及ばないものの、他の材料よりも比較的大きな値である。 SmFe_2 は薄膜でも比較的大きな磁歪定数を持つことから、薄膜のさらなる結晶化に取り組み、より大きな磁歪定数をもつ薄膜を作製することが課題となる。

References

- 1) Y. Takamura, Y. Shuto, S. Yamamoto, H. Funakubo, M. K. Kurosawa, S. Nakagawa, and S. Sugahara: *In 2016 Joint International EUROSOI-ULIS, IEEE*, 72 (2016).
- 2) W. J. Ren, J. L. Yang, B. Li, D. Li, X. G. Zhao, and Z. D. Zhang: *Physica B: Condensed Matter*, **404**, 20 (2009).

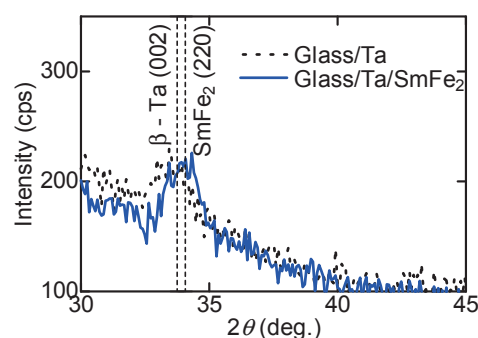


Fig. 1 XRD pattern of glass/Ta/ SmFe_2 and glass/Ta structure

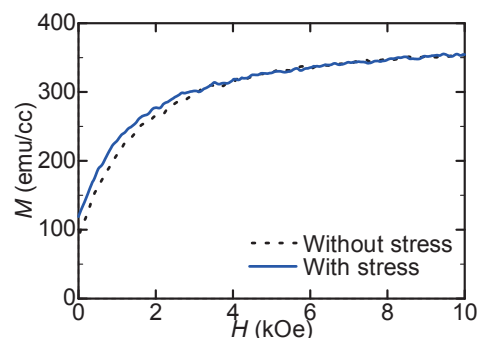


Fig. 2 Transition of magnetization from without stress to with applied stress of SmFe_2 film deposited at R.T.