

極薄 Co₂FeSi/MgO 積層構造の微細構造と元素分布の解析

松下瑛介, 高村陽太, 中川茂樹
(東京工業大学 工学院 電気電子系)

Microstructure and elemental distribution of ultrathin Co₂FeSi/MgO structure

E. Matsushita, Y. Takamura, S. Nakagawa

(Dept. of Electrical and Electronic Eng., Sch. of Eng., Tokyo Inst. of Tech.)

はじめに

スピン分極率が 100% のハーフメタル強磁性体(HMF)を用いた垂直磁気トンネル接合(p-MTJ)は、非常に高いトンネル磁気抵抗比が期待されるため、次世代の不揮発性メモリ素子として注目されている。これまで我々は、HMF と予測されているフルホイスラー合金 Co₂FeSi(CFS)と、Fe 系合金を接合すると垂直方向の界面磁気異方性が発現する可能性がある MgO^{1,2)}との二層膜を作製し、極薄膜 CFS に垂直磁気異方性(PMA)を付与できることを示してきた^{3,4)}。さらに、この CFS/MgO 二層膜における磁気異方性の詳細な解析から、CFS の膜厚が 0.4 nm から 1.4 nm においてはバルクの成分も垂直方向に異方性を持っていること、およびこの PMA が 0.7 nm 以下で急増することを明らかにした⁵⁾。本研究では、このバルクの PMA の起源を調査するために、極薄膜 CFS の微細構造解析と積層構造の局所的な組成分析を行った。

実験方法

試料は対向ターゲット式スパッタリング法で作製した。MgO(001)単結晶基板の上に、バッファ層として Cr 40 nm と Pd 50 nm を室温で堆積させた後、CFS 層を基板温度 300°C で成膜した。その後、CFS 層の上部を酸素で暴露し、MgO 2.7 nm を成膜した。最後に 10 nm の Cr 層でキャップをした。

極薄膜 CFS の微細構造解析と組成分析には、走査透過型電子顕微鏡(STEM)を用いた。評価試料として、バルクの PMA が急増した CFS 膜厚が 0.6 nm の試料と、急増する前の 1.4 nm の試料を選択した。

実験結果

MgO 基板[100]方向に沿った断面の STEM 観察を行った。CFS 層の配向面を評価するために、CFS 層の STEM 像を高速フーリエ変換(FFT)したものを Fig. 1 に示す。厚さ 1.4 nm の CFS は、原点から最も近い 4 つの格子点までの距離が全て等しいパターンを示し(Fig. 1 (a))、この結果は CFS が(110)配向であると解釈できる。CFS の膜厚が厚い領域では CFS は(001)配向することがわかっているため、極薄膜領域では配向面が変化していることがわかった。また、0.6 nm の試料の FFT パターンは不明瞭で、配向面を評価できなかった(Fig. 1 (b))。

次に積層構造における原子の相互拡散を STEM-電子エネルギー損失分光法(EELS)による組成分析により評価した。Fig. 2 に積層構造中の Fe と Co, Pd の元素マッピングの結果を示す。図中の白い点線の内側が CFS 層と考えている部分である。どちらのサンプルにおいても Pd が CFS 層内に拡散していることが確認された。

極薄膜領域での特異な配向や Pd の拡散は、極薄膜 CFS において、バルクの成分が PMA を持つ要因となった可能性がある。

謝辞

本研究は、文部科学省委託事業ナノテクノロジープラットフォーム課題として物質・材料研究機構微細構造解析プラットフォームの支援(課題番号 JPMXP09A19NM0111)を受けて実施した。

参考文献

- 1) S. Ikeda *et al.*: Nat. Mater., **9**, 721 (2010).
- 2) Z. Wen *et al.*: Appl. Phys. Lett., **98**, 242507 (2011).
- 3) Y. Takamura *et al.*: J. Appl. Phys., **115**, 17C732 (2014).
- 4) K. Shinohara *et al.*: AIP Advances, **8**, 055923 (2018).
- 5) Y. Takamura *et al.*: J. Magn. Soc. Jpn., **43**, 120 (2019).

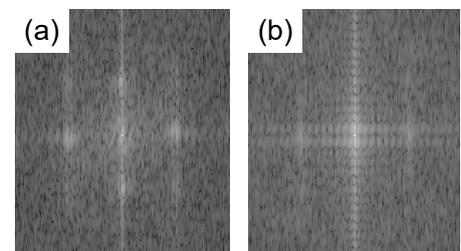


Fig. 1. FFT pattern for STEM images for the CFS layer of MgO-sub./Cr/Pd/CFS/MgO/Cr stacks. (a) 1.4 nm – CFS, (b) 0.6 nm – CFS

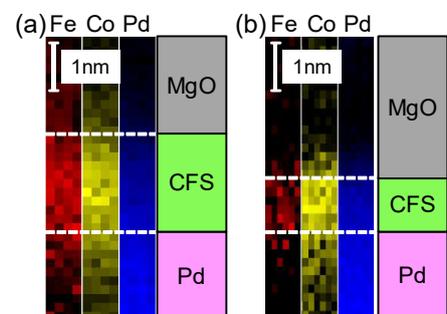


Fig. 2. Composition analysis with STEM – EELS. (a) 1.4 nm – CFS, (b) 0.6 nm – CFS