

W/Fe (001)エピタキシャル多層膜の歪制御による垂直磁気異方性の発現

松本勇輝¹, 岡本聡¹, 菊池伸明¹, 北上修¹, 三浦良雄² (¹東北大, ²京都工芸繊維大)
 Strain controlled perpendicular magnetic anisotropy of W/Fe (001) epitaxial multilayers
 Y. Matsumoto¹, S. Okamoto¹, N. Kikuchi¹, O. Kitakami¹, Y. Miura²
 (¹IMRAM, Tohoku Univ, ²Kyoto Institute of Technology)

はじめに

これまでにエピタキシャル成長させた MgO (100) sub./W (10)/Fe (0.5)/W (3) (nm) 3層膜において $K_u = -2.1 \times 10^7$ erg/cc (300K), -3.5×10^7 erg/cc (10K) に達する巨大な負の垂直磁気異方性(面内容易面)が発現することを明らかにした[1]. これは Fe/W 界面における界面磁気異方性 ($K_s = -0.6$ erg/cm² (300K), -1.0 erg/cm² (10K)) に起因するものである. この試料においては厚い W 下地による格子整合のため, Fe 層が面内の引張り歪を受けている. 一般に磁性材料の磁気異方性は格子歪に極めて敏感であることから, 本試料では下地層や層構造を変えることで歪制御が可能であり, それに付随した磁気異方性の変化が期待される. 今回は Cr エピタキシャル下地を用いて, 歪制御を行った結果, 大きな正の垂直磁気異方性の発現を確認したので, その結果を報告する.

実験方法

分子線エピタキシー(MBE)によって, MgO sub./Cr (30)/W (t_w)/[Fe (2)/W (t_w)]₄/Cr (3) (nm) の Fe/W 多層膜を作製した. Fe 層の格子歪制御のため, Fe 層厚は 2 nm 一定とし, W 層厚を変化させた. 構造評価には RHEED および XRD, 磁気特性の評価には VSM および異常ホール効果(AHE)測定を行った.

実験結果

Fig.1 に Fe/W 多層膜の面直方向の磁化曲線の結果を示す. 反磁場を含む有効異方性磁場 H_k^{eff} は飽和磁場から評価した. W 層厚を薄くするに伴い, H_k^{eff} が低磁場側にシフトする様子が観測された. Fe バルクの M_s を仮定して K_u を見積もった結果を Fig.2 に示す. W 層厚の減少に伴い, 磁気異方性が負から正に変化している様子が分かる. Fe と W では, バルクにおいて約 10% の格子ミスマッチが存在し, W 層厚の薄膜化に伴った歪制御の結果と判断できる. 第一原理計算によれば, バルク α -Fe の格子定数に整合した Fe/W では正の界面磁気異方性が生じることが予測されており, その挙動にも対応するものである. この K_u の起源として Fe/W 界面における界面磁気異方性を仮定すると, $K_s = 0.5$ erg/cm² と見積もられる. この値は面内磁気異方性として報告した W 層の厚い場合の $K_s = -0.6$ erg/cm² と同程度である. したがって, 歪制御を保った状態で Fe 層の薄膜化が出来れば, 10^7 erg/cc 台の垂直磁気異方性も十分に期待できる.

参考文献

- 1) Y. Matsumoto et al., IEEE Trans. Magn. (to be published)

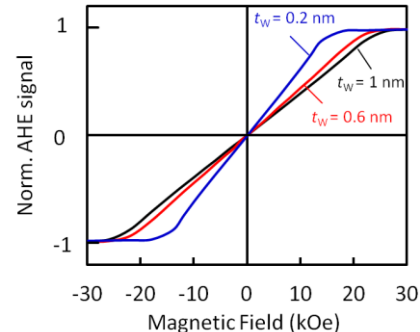


Fig. 1 Perpendicular magnetization curves of W/Fe multilayers

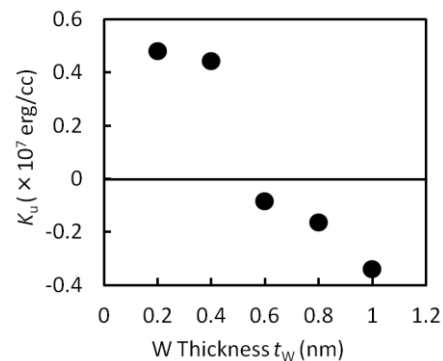


Fig. 2 W layer thickness (t_w) dependence of perpendicular magnetic anisotropy constant K_u of W/Fe multilayers