17p-S2-36

CoFeB センシング層を適用したセンサ用磁気トンネル接合における磁気特性の MgO キャップ層膜厚依存性

Dependences of magnetic characteristics on thickness of MgO capping layer in magnetic tunnel junctions of CoFeB sensing layer for sensor applications

超低電圧デバイス技術研究組合（LEAP）[1], ○津嵜 陽亮 [1], 長永 隆志 [1],古川 泰助 [1], 吉田 親子 [1],
山崎 裕一 [1], 青木 正樹 [1], 射場 義久 [1], 高橋 厚 [1], 角田 浩司 [1], 中林 正明 [1], 能代 英之 [1],
畑田 明良 [1], 吉田 幸久 [1], 佐竹 徹也 [1], 杉井 寿博 [1]

Low-power Electronics Association & Project (LEAP)[1], °Y. Tsuzaki[1], T. Takenaga[1], T. Furukawa[1], C. Yoshida[1], Y. Yamazaki[1], M. Aoki[1], Y. Iba[1], A. Takahashi[1], K. Tsunoda[1], M. Nakabayashi[1], H. Noshiro[1], A. Hatada[1], Y. Yoshida[1], T. Satake[1] and T. Sugii[1].　　E-mail: tsuzaki@leap.or.jp

【研究の背景】トンネル絶縁膜およびセンシング層にそれぞれ MgO 膜と CoFeB 膜を適用した磁気トンネル接合（magnetic tunnel junction; MTJ）は、磁気抵抗比（MR 比）が大きく[1]、高感度・高精度な磁気センサとしての応用が期待されている。この際、MgO/CoFeB 界面での垂直磁気異方性（perpendicular magnetic anisotropy; PMA）[2]を活用し MgO 膜をキャップ層として適用することで、ヒステリシスの発生と CoFeB 膜厚に依存した特性の変化を抑制することが可能である[3]。しかしながら、これまでにキャップ層の MgO 膜厚がセンサ用 MTJ の特性に与える影響について、十分な検討がなされていない。ここでは、MTJ 積層構造のベタ膜において、MgO キャップ層膜厚が与えるセンシング層 CoFeB 膜の磁気特性への影響を評価した。

【実験方法】MTJ の積層構造は、SiO_2-sub./Ta (3)/Ru (30)/Ta (10)/Ru (1)/PtMn (15)/CoFe (2.0)/Ru (0.8)/CoFeB (2.3)/MgO (1.75)/CoFeB (1.2)/MgO ($t_{cap\text{-}MgO}$)/Ta (1)/Ru (30)（単位; nm）であり、スパッタリングにより成膜した。また、真空中で 275℃、1.5T、2 時間のアニールを行った。膜の磁気特性の評価には振動型磁力計を用い、膜面方向と膜面の垂直方向に磁界を印加して測定した。膜面方向の測定では、アニール時の磁界印加方向と同方向に磁界を印加した。

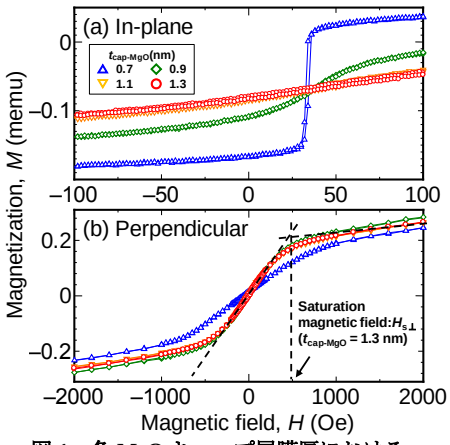

図 1　各 MgO キャップ層膜厚における *M-H* 曲線と面直方向の飽和磁界 $H_{s\perp}$ の定義

【結果】 図 1 には異なる $t_{cap\text{-}MgO}$ で得られる面内方向と面直方向の *M-H* 曲線を示し、図 2 には *M-H* 曲線から求めたセンシング層 CoFeB 膜の面直方向の飽和磁界 $H_{s\perp}$ と面内方向の保磁力 H_c の $t_{cap\text{-}MgO}$ 依存性を、それぞれ示す。この結果、H_c は $t_{cap\text{-}MgO}$ = 0.9 nm 付近で最小値を示し、$t_{cap\text{-}MgO} \geq 1.1$ nm では、ヒステリシスが発生し H_c が増加する傾向にあった。ここで、$H_{s\perp}$ は $t_{cap\text{-}MgO}$ = 0.7 nm で大きくなっており、MgO 膜が薄い場合に CoFeB とキャップ層である MgO 膜の界面で発現する PMA の効果が小さいことを示唆している。これに対し、$t_{cap\text{-}MgO} \geq 0.9$ nm では $H_{s\perp}$ は $t_{cap\text{-}MgO}$ = 0.7 nm よりも小さく、ほぼ一定であり、その変化は H_c の変化と一致していない。$t_{cap\text{-}MgO}$ = 0.9 nm 付近と比較し $t_{cap\text{-}MgO} \geq 1.1$ nm では、CoFeB センシング層の膜面内方向の磁化成分における異方性の変化が生じたものと考えられる。

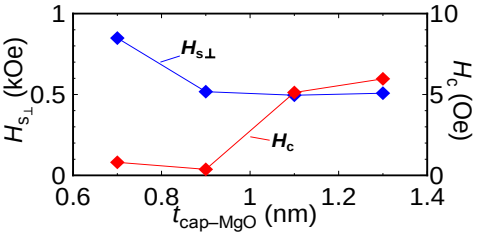

図 2　面直方向の飽和磁界 $H_{s\perp}$，面内方向の保磁力 H_c の MgO キャップ層膜厚依存性

以上の結果から、MgO キャップ層を適用したセンサ用 MTJ においてヒステリシスを抑制するためには、センシング層膜厚と同様にキャップ層 MgO 膜厚の調整も必要であることを確認した。

講演では上記のベタ膜の特性とセンサ用 MTJ の特性の相関についても言及する。

【謝辞】本研究は、経済産業省と NEDO の「低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト」に係わる業務委託として実施した。

【参考文献】[1]S. Yuasa *et al*, J. Phys. D: Appl. Phys.40, pp.337-354, 2007., [2]S. Ikeda *et al.*, Nature Mater.9, pp.721-724, 2009., [3]T. Takenaga *et al.*, J. Appl. Phys., 115, 17E524, 2014.

© 2014 年　応用物理学会