垂直磁気異方性 CoFeB-MgO 磁気トンネル接合の高速中性子耐性評価 (II)

Evaluation of fast-neutron tolerance on perpendicular-anisotropy CoFeB-MgO magnetic tunnel junctions (II)

山形大工 [1]，原子力機構 J-PARC[2]，JAXA 宇宙研 [3]，東北大通研 LNS[4]，東北大 CIES[5]，東北大工 [6]，東北大 CSIS[7]，東北大 WPI-AIMR[8] ○ 成田 克 [1]，高橋 豊 [1]，原田正英 [2]，大井元貴 [2]，及川健一 [2]，小林大輔 [3]，廣瀬和之 [3]，石川慎也 [4]，E. C. I. Enobio[4]，佐藤英夫 [5]，池田正二 [5]，遠藤哲郎 [5,6,7]，大野英男 [4,5,7,8]

Yamagata Univ.[1], J-PARC, JAEA[2], ISAS/JAXA[3], LNS, RIEC, Tohoku Univ.[4], CIES, Tohoku Univ.[5], Tohoku Univ.[6], CSIS, Tohoku Univ.[7], WPI-AIMR, Tohoku Univ.[8]

○Y. Narita[1], Y. Takahashi[1], M. Harada[2], M. Ooi[2], K. Oikawa[2], D. Kobayashi[3], K. Hirose[3], S. Ishikawa[4], E. C. I. Enobio[4], H. Sato[5], S. Ikeda[5], T. Endoh[5,6,7], H. Ohno[4,5,7,8]

E-mail: narita@yz.yamagata-u.ac.jp

[はじめに] 次世代メモリとして期待されている磁気抵抗メモリ（MRAM）の基本素子である垂直磁気異方性 CoFeB-MgO 磁気トンネル接合（p-MTJ）の微細化が進んでおり [1]，MRAM においても半導体メモリで問題となっている微細化に伴う放射線の影響が危惧されている．前回我々は，高抵抗（R_H）状態に初期化した直径 40nm の p-MTJ 素子へピークエネルギー 65MeV の準単色中性子ビームを 3.7×10^{10} n/cm^2 照射し，R_H の値に若干の変化は見られたものの，照射後に測定できたすべての素子で高抵抗状態を維持していたことを報告した [2]．そこで今回は照射量を増やし，より広範囲のエネルギーを含むホワイト中性子ビームを p-MTJ 素子に照射して耐性評価を行ったので報告する．

[実験] p-MTJ 素子の膜構成は，基板 / Ta(5) / Ru(10) / Ta(5) / [Co(0.34) / Pt(0.4)]$_{\times6}$ / Co(0.34) / Ru(0.44) / [Co(0.34) / Pt(0.4)]$_{\times2}$ / Co(0.34) / Ta(0.3) / CoFeB(1) / MgO(1.2) / CoFeB(1.5) / Ta(5) / Ru(10) / Ta(50) で，微細加工技術を用いて直径 40nm の素子を作製し，その後 0.4T の磁場中で 1 時間の 300 ℃アニールを行った．中性子照射実験は J-PARC 内の物質・生命科学実験施設（MLF）の BL10（NOBORU）を使用した．実験には TMR 比が室温で 70%以上の p-MTJ 素子を使用し，大気中で 1MeV 換算で 4.1×10^{11} n/cm^2 の中性子を照射した．これは地上中性子線環境下で約 3.2×10^{10} 時間照射したことに相当し，1 素子あたり平均約 5 個の中性子が衝突した計算になる．中性子照射中，p-MTJ 素子へのバイアス印加は行わなかった．中性子照射前後の p-MTJ 素子（473 個）の抵抗-磁界（*R-H*）曲線を比較することで高速中性子照射の影響を調べた．

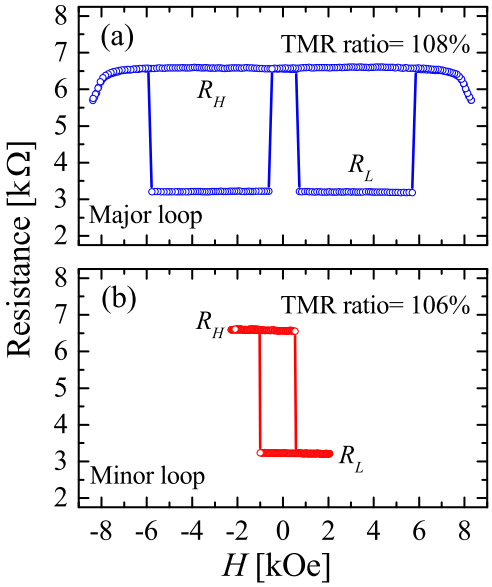

Fig 1: *R-H* curves (a) before and (b) after fast neutron irradiation.

[結果] Fig. 1 に中性子照射前後の代表的な *R-H* 曲線を示すが，1MeV 換算で 4.1×10^{11} n/cm^2 の中性子を直径 40nm の p-MTJ 素子に照射しても R_H と R_L の値に大きな変化は見られなかった．473 個すべての素子について中性子照射前後の TMR 比を比較すると，照射後に平均して約 1.3%TMR 比が減少していることが分かった．TMR 比の減少は小さいものの，これが中性子照射の影響なのかは更に照射量を増やして検証する必要がある．

[謝辞] 本研究は文科省「未来社会実現のための ICT 基盤技術の研究開発」の助成を受けて行われた．

[1] H. Sato *et al.*, Applied Physics Letters **105** (2014) 062403.　[2] 成田 他，第 62 回応用物理学会春季学術講演会，19p-P2-4.

© 2015年 応用物理学会