

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

山形大工¹, 原子力機構 J-PARC², JAXA 宇宙研³, 東北大 CIES⁴, 東北大 CSIS⁵, 東北大 CSRN⁶, 東北大工⁷, 東北大通研 LNS⁸, 東北大 WPI-AIMR⁹ ○ 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, 佐藤英夫^{4,5,6}, 池田正二^{4,5,6}, 遠藤哲郎^{4,5,6,7}, 大野英男^{4,5,6,8,9}
Yamagata Univ.¹, J-PARC, JAEA², ISAS/JAXA³, CIES, Tohoku Univ.⁴, CSIS, Tohoku Univ.⁵, CSRN, Tohoku Univ.⁶, Tohoku Univ.⁷, LNS, RIEC, Tohoku Univ.⁸, WPI-AIMR, Tohoku Univ.⁹

○ Y. Narita¹, Y. Takahashi¹, M. Harada², M. Ooi², K. Oikawa², D. Kobayashi³, K. Hirose³, H. Sato^{4,5,6}, S. Ikeda^{4,5,6}, T. Endoh^{4,5,6,7}, H. Ohno^{4,5,6,8,9}

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) の基本構造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を調べる必要がある. 我々はこれまで地上中性子線環境下での使用を想定して, 記録層に CoFeB-MgO 単界面構造を用いた接合サイズ直径 40 nm の p-MTJ 素子へ 1MeV 換算で 2.5×10^{12} n/cm² の高速中性子を照射し, 照射前後のトンネル磁気抵抗 (TMR) 比がほとんど変化しないことを報告した [2]. 今回は磁気トンネル接合の熱安定性を向上させた 2重 CoFeB-MgO 界面構造 [3] を記録層に用いた直径 40 nm の p-MTJ 素子に加え, 接合サイズの依存性を調べるために直径 40 nm よりも小さな MTJ 素子へも高速中性子を照射し, 照射前後の特性を評価したので報告する.

[実験] 直径 40 nm の p-MTJ 素子を作製する 3 インチ Si ウェハ上に直径が小さな p-MTJ 素子も一緒に作製し, これらが混在したウェハを 2 枚作製した. 作製した素子の接合サイズは低抵抗状態の抵抗値と抵抗面積の積から決定し, 今回作製した接合サイズは約 10 nm から 40 nm の範囲であった. 評価には TMR 比が室温で 50% 以上の素子を使用し, 高速中性子照射実験は J-PARC・MLF の BL10 (NOBORU) にて行った (課題番号 2014B0120). 照射量は 1 MeV 換算で 1.7×10^{12} n/cm² である. 中性子照射の影響は素子の R-H 曲線を比較することで行った.

[結果] 今回の実験で照射した中性子の数は直径 40 nm 素子では 22 個, 直径 20 nm の素子では 5 個程度である. 図 1 に中性子を照射した p-MTJ 全素子の中性子照射前後の TMR 比をプロットした結果を示す. 図中のプロットの色は素子を形成したウェハの違いを示す. この図から, 中性子照射によって大きく TMR 比が変化する素子が見られないことから, 直径 20 nm 素子に 5 個の中性子が衝突しても, 直径 40 nm 素子に 22 個の中性子が照射しても TMR 比はほとんど変化しないことが分かる. これは前回報告した CoFeB-MgO 単界面構造素子の場合と同じ結果 [2] であり, 特性変化の観点から現時点の照射量までは 2重 CoFeB-MgO 界面構造素子は CoFeB-MgO 単界面構造素子と同じく中性子耐性を有すると言える. 今回, 接合サイズが小さな素子で中性子照射の影響は見られなかったが, 中性子耐性の接合サイズ依存性を調べるためには照射量を増やし, 1 素子あたりの照射量を同じにして各接合サイズの結果を比較する必要がある.

[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 63 回応用物理学会春季学術講演会, 21p-P12-50. [3] H. Sato *et al.*, IEEE Transactions on Magnetics **49** (2013) 4437.

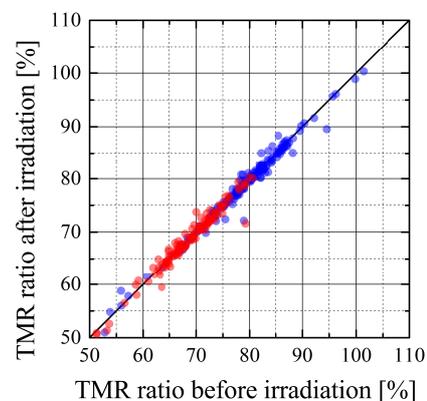


図 1: Comparison of TMR ratio before and after fast neutron irradiation.