磁気トンネル接合素子に対する放射線照射効果の実測評価

Experimental Study on Radiation Effects on Magnetic Tunnel Junctions

小林 大輔[1)] Daisuke KOBAYASHI
梯 友哉[1)] Yuya KAKEHASHI
廣瀬和之[1)] Kazuyuki HIROSE
池田 正二[2)] Shoji IKEDA
遠藤 哲郎[2)] Tetsuo ENDOH
大野 英男[2)] Hideo OHNO
小野田 忍[3)] Shinobu ONODA
牧野 高紘[3)] Takahiro MAKINO

[1)]JAXA 宇宙科学研究所　[2)]東北大学　[3)]原子力機構

磁気トンネル接合素子の放射線耐性を調査した。この素子は、電子の磁気的性質であるスピンを利用して高抵抗または低抵抗状態のいずれかを取ることができるメモリ機能を有する素子である。Co60 からのガンマ線を 540kGy まで照射した結果、抵抗比の明確な変化は示されていない。3MeV プロトン照射では、開放故障が見られたが、TEM 観察の結果から、照射時の素子のバイアス状態と評価用の引き出し配線に由来する副次的な故障であり、素子本体と放射線の直接的な相互作用によるものではないと考えるのが妥当である。

キーワード：磁気トンネル接合素子、スピントロニクス、不揮発性メモリ、ドーズ効果

１．目的

プロセッサに代表される半導体集積回路は情報エレクトロニクス機器の心臓部である。その最先端では消費電力の増大と放射線耐性の低下が深刻になっており、それらをいかに克服するかが課題となっている。電子の磁気的性質を活用するスピントロニクス技術は、これらを解決する可能性もあって注目されている。磁気トンネル接合素子「MTJ」はその鍵を握る素子であり、その素子に対する放射線照射効果を調査した。

２．方法

CoFeB/MgO 垂直磁気異方性 MTJ(p-MTJ)[1]を作成した。図 1 に作成した素子（ウェハ写真）を示す。40、70、100 nm 径の接合サイズを有する p-MTJ を作成した。図 2 は 40nm 径の p-MTJ のスピン注入磁化反転特性（ヒステリシスカーブ）の一例である。この様にゼロバイアス電流（I=0）において高抵抗または低抵抗状態を安定的に取り得る。この素子では、抵抗比 109%、平均の DC 書込み電流 43μA を示している。ウェハから素子を切り出して放射線を照射し、前後でのヒステリシスカーブの変化を調査した。線種は 5kGy/h ガンマ線（コバルト 60 第 6 照射室）、または粒子線、すなわち、150pA・3MeV プロトン線、（タンデム加速器・TA1 照射口）または 4.5nA・3MeV シリコン線（同照射口）とした。総線量はガンマ線照射では 540kGy、プロトン線では 8.4×10^{10} cm^{-2} または 8.4×10^{11} cm^{-2}、シリコン線では 1.3×10^{12} cm^{-2} とした。照射時、素子は電気的に浮かせた。不揮発性メモリである本素子は、実利用の際、浮遊状態で放射線を浴びる可能性があるためその調査をした。

３．結果及び考察

コバルト照射の結果，抵抗比の明確な変化を示したものはなかった。プロトン線照射の結果では高線量の場合、開放故障が確認されたが、TEM による構造解析や組成分析の結果、ならびに、素子本体に当たる放射線は数個でしかないことから、素子本体に起因する故障ではなく、測定用に引き出した配線がアンテナとなって生じた電気的衝撃によると考えるのが妥当であろう。今後、形状改良や、バイアス条件を変化させて、素子本体の放射線耐性を明らかにしたい。

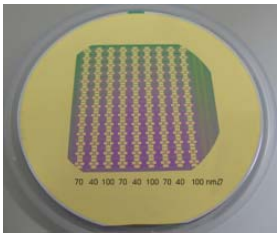

図 1 作成した素子

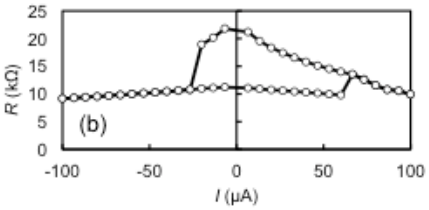

図 2 素子の特性（照射前）

４．引用(参照)文献等

[1] S. Ikeda et al., Nature Materials **9** (2010) 721.