

プログラム名：無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現

PM名：佐橋政司

プロジェクト名：電圧トルク MRAM プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 2 7 年 度

研究開発課題名：

電圧トルク素子の微細加工技術と新材料の開発

研究開発機関名：

株式会社東芝 研究開発センター

研究開発責任者

下村尚治

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本研究開発では、10nm 台サイズの微細なMTJメモリ素子の試作開発を行ない、試作開発したMTJメモリ素子において高い界面電圧効果を得ることを目指す。当該年度においては、電圧トルクMTJ素子構造の調査や他方式とのベンチマークを行い、電圧トルク・スピントルク併用型もしくは電圧トルク・SOT併用型の高性能化の確認をする。

また、10nm 台サイズの微細なMTJ素子においても良好なメモリ特性を得るためには、MTJ膜の素子化加工プロセスで重要となるエッチングプロセスにおいて、エッチングダメージを極限まで小さくするプロセス技術開発が必要となる。微細加工・プロセス技術開発においては、多結晶材料を用いて10nm 台サイズの微細加工などのプロセス技術を立ち上げる。該当年度は微細加工・プロセス技術開発においては、多結晶材料を用いて10nm 台サイズの微細加工などのプロセス技術を立ち上げることを目標とする。低ダメージ加工技術開発は産総研、NIMSと共同で行う。

さらに、MTJメモリ素子を微細化すると、素子の面積に反比例してMTJ抵抗が大きくなるため、微細なMTJメモリ素子を動作させるためには、MTJ素子の面積抵抗(RA)を低RAとし、かつ、トンネルバリアの信頼性も同時に要求される。そこで、高信頼性を得られるトンネルバリアの新材料開発を行う。該当年度は新バリア膜を用いたMTJメモリ素子を作成、評価し、その信頼性改善のための方向性を示す。新トンネルバリア開発はNIMSと共同で行う。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

電圧トルクMRAMの素子構造検討において、新しい大容量向けの電圧トルクMRAMを考案し、基本設計および磁化反転の確認を行った。低ダメージ加工開発はダメージ深さの定量化を行った。実験装置が2015年度末に産総研で立ち上がったので、この装置を用いて低ダメージ加工の実証を2016年度以降に行う。新規トンネルバリア開発は独自に選定した新材料をNIMSと共同で開発を行い、低RAかつ高MRの特性を示すことができた。ただし開発方針の転換により、2015年度で終了する。

2-2 成果

大容量向け電圧トルクMRAMのメモリーアーキテクチャ

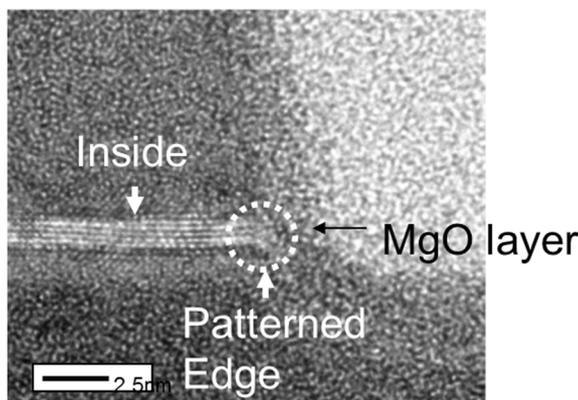
電圧トルクを用いたMRAMの書き込み方法に関して、ベンチマークを行い、アシスト技術も含めた複数の書き込みアーキテクチャの比較検討を行った。その結果、大容量と低消費電力化を両立する方法を見出した。このアーキテクチャについての基本設計を完了した。さらに、素子試作と評価を行い、磁化反転の確認を行った。

低ダメージ加工

低ダメージ加工に必須となる、加工ダメージ深さの高精度な定量化を行った。MTJの断面のTEMサンプルを30nmまで薄片化することにより、MgOトンネルバリアの加工エッジ領域とMTJの中央部分との格子像の違いを分離することに成功した。下記に示したTEM像において、MgOのトンネルバ

リアの格子像が明瞭に観察されるが、MTJの内部領域では規則的な格子が観察されるのに対して、破線の円で囲ったMTJの加工端から1.5nm程度の深さまでの領域では格子像が乱れている領域があり、加工によるMgOのダメージ領域が広がっている領域が明確化された。加工ダメージの定量化はNIMSと共同で行った。

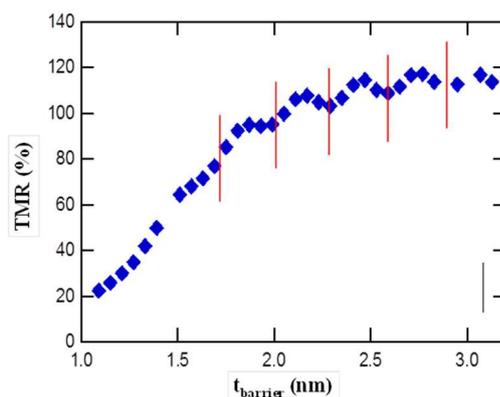
さらに、低ダメージ加工の実験を行うための実験装置を東芝のコンセプトも取り入れて産総研が立ち上げを完了した。これにより、2015年度末よりこの装置を使った加工ダメージ低減のための実験を開始した。



薄片化したMTJ素子のTEM像。

高信頼性新規トンネルバリア

2014年度に高信頼性が得られるトンネルバリアの候補として抽出した新しいトンネルバリア材料について、単結晶基板を使ったTMRの成膜実験を行った。成膜方法を工夫し、評価を行った結果、従来材料と比較して、トンネルバリアを厚膜にしてもトンネル電流を確保できることが確認された。またMRも120%が得られ、平滑なトンネルバリアであることを示すMRの振動も確認された。尚、トンネルバリアの材料開発はNIMSの実験装置を用いてNIMSと共同で行った。



新規トンネルバリア材料を用いたTMRにおいて120%のMRを実現
TMRの振動も観測された。

2-3 新たな課題など

なし。

3. アウトリーチ活動報告
なし。