

平成27年 3月31日

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26年度

研究開発課題名：

電圧効果新材料開発（側壁成膜を含む）

研究開発機関名：

独立行政法人物質・材料研究機構

研究開発責任者：

三谷誠司

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

初年度26年度は、若干の予備的な結果を有しているホイスラー合金に関する研究に着手し、大きな電圧効果を示す材料の探索を開始する。当該年度の具体的目標としては、明確な磁気異方性の電圧効果を観測する。より具体的には、最初のステップとして、10fJ/Vm オーダーの電圧効果のデータを得る。

また、材料探索は強磁性材料のみにとどまらず、酸化物層についての検討も行う。すなわち、従来研究の多くが MgO を用いた試料に限定されていたが、強磁性材料と酸化物層の組合せの探索を遂行する。

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

Co₂FeAl ホイスラー合金を中心に実験を進め、磁気異方性の電圧効果について一定の結果を得た。酸化物としては、MgAlO を用いた試料において成長条件の最適化を行い、比較的大きな垂直磁気異方性を得た。今後、電圧効果測定用のトンネル接合素子を作り、電圧効果の測定を行う。これらの他に材料探査のための種々の準備を行った。

2-2 成果

Ru をバッファ層とすることで比較的大きな垂直磁気異方性を示す Ru/Co₂FeAl/MgO という積層構造に対し、面内磁化の上部電極層を付加して電圧効果を評価できる強磁性トンネル接合構造を作製した。電圧効果の評価はトンネル接合に印加するバイアス電圧を変化させて磁気抵抗曲線を測定する方法であり、本プロジェクトのプロジェクトリーダーのグループによって確立された手法である。Fig.1 は実際のデータであり、縦軸は規格化した磁気抵抗変化、横軸は印加磁場である。ゼロ磁場で両電極層の磁化の相対角度が 90 度となるため、Fig.1 に示すような直線的な磁気抵抗曲線となる。+1,200mV および -1,200mV を印加した場合において、それぞれ飽和磁場の減少と増加が観測されており、熱効果ではない現象である。また、スピントルクの効果も考慮する必要があるが、測定時の電流密度の値はスピントルクの影響が表れる電流密度値より十分小さい。

Fig.2 は、これらの測定結果をまとめたものであり、単位面積あたりの磁気異方性の電圧印加による変化を示している。最も傾きが大きいと思われるところでの値は、54 fJ/Vm となり、比較的大きな値であると言える。なお、新たな課題の欄で述べる界面拡散の問題は、本試料でも考慮すべきと思われるが、成膜時やポストアニーリングのときに生じる拡散である。その駆動力は酸化による自由エネルギー変化の原子依存性であり、電圧誘起の拡散ではない。

上記の主な成果の他に、電圧効果の研究の基盤となる界面垂直磁気異方性に関する予備的成果も多く得た。ホイスラー合金とスピネルバリアからなる 2 層膜において、従来よりも大きな界面垂直磁気異方性を観測し、現在構造解析等を進めている。理想

的なスピネル構造では、MgO と異なり(100)面の電荷補償が完全ではないため、そのような事情が磁気異方性にも現れている可能性がある。また、電圧効果の大きさも異なることが期待される。

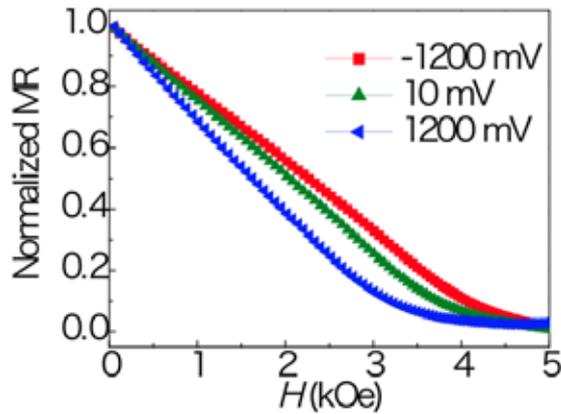


Fig.1. Magnetoresistance curves of a Ru/Co₂FeAl/MgO/Co₂FeAl/Ta-ferromagnetic tunnel junction with different bias voltages.

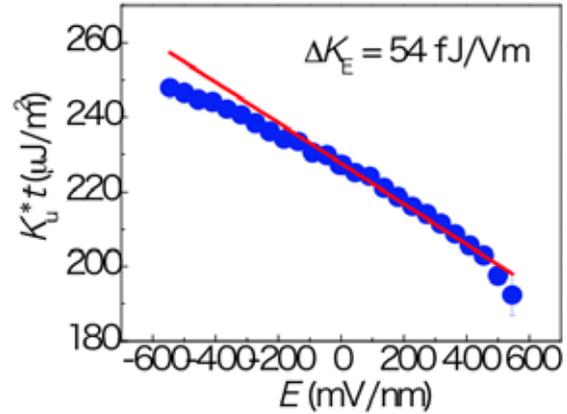


Fig.2. Product of perpendicular magnetic energy density and layer thickness in the Co₂FeAl layer as a function of applied electric field.

2-3 新たな課題など

ホイスラー合金/MgO 界面において、原子拡散が生じていることが明らかになってきた。ホイスラー合金の多くはAl等の酸化されやすい元素を含んでおり、それらが酸化物層に拡散している様子が微細構造解析によって一定の定量性をもって確認されつつある。今後、このような界面構造の評価が必須であり、また同時に界面拡散も考慮に入れたナノ構造制御を行っていく必要がある。具体例としては、スピネル酸化物層の形成方法として、Al等を含む強磁性合金を用いることで、MgO層からスピネル層を形成することが可能となると考えられる。

3 . アウトリーチ活動報告

なし。