

CoFe₂O₄ を用いた磁気接合のスピントラニポート効果に関する第一原理計算

A theoretical study on spin-filter effects of the MTJ with ferromagnetic insulator

京都工芸繊維大学 電子システム工学専攻, °磯本 亮佑, 三浦 良雄

Kyoto Institute of Technology, °Ryosuke Isomoto, Yoshio Miura

E-mail: sho16705@riec.tohoku.ac.jp

【はじめに】再書き込み動作のために大きな待機電力がかかる揮発性半導体メモリに替わる新たなメモリとして磁気メモリ(MRAM)の研究が行われている。MRAM は磁化の向きで情報の記録を行うため不揮発であるため再書き込み動作が不要となり、待機電力の削減が見込まれる。MRAM に関しては、非磁性絶縁体(NI)層を強磁性金属(FM)層で挟んだ磁気トンネル接合(MTJ)を用いて2つの FM 層の磁化の相対的な向きの違いにより磁気抵抗効果(MR)を発現させる MR 型と、強磁性絶縁体(FI)層を非磁性金属(NM)層で挟んだ MTJ を用いて NI 層の up スピン状態と down スピン状態のポテンシャル障壁の違いを利用するスピントラニポート型が研究されている。本研究では NM/FI/NM 形式のスピントラニポートデバイスに着目する。NM/FI/NM 型のスピントラニポートデバイスについて、FI に CoFe₂O₄ を用いて作成した実験が既に行われている [1]。この実験においてスピントラニポート効率が 10K で-30.5%、室温で-3.4%という結果が報告されている。そこで本研究では、CoFe₂O₄ のスピントラニポートとしての有用性を確かめ、より高い性能を示す NM 層の組み合わせを探るために NM/FI/NM の積層構造に関して第一原理計算を行った。

【計算方法】電子構造の第一原理計算には平

面波基底のウルトラソフト擬ポテンシャル法を用い、交換・相関ポテンシャルは一般化密度勾配近似により取り扱った。MTJ として非磁性金属層を 5 層、CoFe₂O₄ 層を 9 層考慮した。非磁性電極層に使用した金属は Ag,Pt,Pd,Zn,Ir,Cu,Au である。また、界面構造に関しては構造最適化を行い、エネルギー的に安定な CoFe₂O₄ の B サイト-Fe 終端界面面かつ酸素原子の真上に非磁性金属原子が位置する構造を採用した。界面の安定構造を決定した後、ランダウアー公式を用いたスピン依存伝導 $\sigma_{\uparrow}, \sigma_{\downarrow}$ の第一原理計算によりスピントラニポート効率を計算した。

【計算結果】

スピントラニポート効率 $(\sigma_{\uparrow} - \sigma_{\downarrow}) / (\sigma_{\uparrow} + \sigma_{\downarrow})$ の計算結果は図 1 のようになった。図 1 より Pd,Au 以外においてきわめて高い数値が出ていることが分かる。実験で使われた Pt 以上に高い効果を発揮しているのは Zn,Ir,Cu,Ag であり、これらの非磁性金属を電極層として用いることによりさらに高いスピントラニポート効果が得られることが示唆されている。

【参考文献】 [1] Y. K. Takahashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **96**, 072512 (2010).

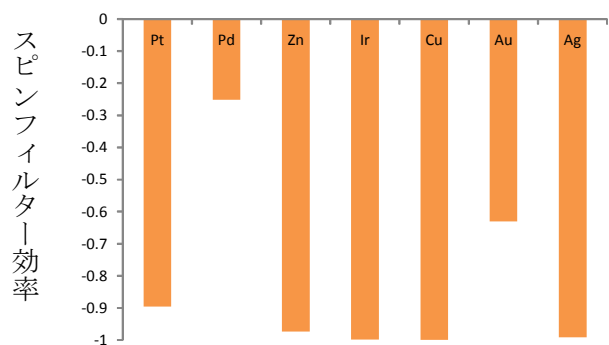


図 1 : 第一原理計算によって得られた X/CoFe₂O₄/X(001) (X= Ag,Pt,Pd,Zn,Ir,Cu,Au) のスピントラニポート効率