

強磁性絶縁体を用いた MTJ における MR 効果

左手宏毅, 本多周太, 伊藤博介
(関西大学システム理工学部)

MR effect in MTJ with ferromagnetic insulator

K. Sate, S. Honda, and H. Itoh

(Department of Pure and Applied Physics, Kansai University)

はじめに

現在 MR 素子に使われている強磁性金属(FM)/非磁性絶縁体(NI)/強磁性金属(FM)の3層構造では、高密度化すなわち微細化の際に書き込み電流が増加してしまうという問題点を抱えている。この解決策の一つとして強磁性絶縁体によるスピントラップ効果を利用した素子が提案されている。本研究では強磁性金属(FM)/非磁性金属(NM)/強磁性絶縁体(FI)/非磁性金属(NM)の4層構造を考える。この素子においても MR 効果が発現することを示し、応用上有利となる材料や構造の条件を明らかにすることを本研究の目的とする。

モデルと計算方法

本研究ではエピタキシャルに接合されている、すなわち乱れが無い4層構造 FM/NM/FI/NM を考える。この構造に対して3次元量子井戸型ポテンシャルのモデルを適応する。今回は FM と NM 部分が Fe/Cr の特徴を再現するようにポテンシャルを設定した。このモデルにおいて3次元シュレディンガー方程式を解析的に解くことで透過率に対する表式を求め、ランダウアー公式を用いて FM と FI の磁化が平行と反平行の場合のコンダクタンス G_p, G_{ap} を求めた。この際必要となる波数についての積分はコンピュータで数値計算した。また、MR 比を $MR=1-G_{ap}/G_p$ と定義した。

計算結果

NM 膜厚と MR 比の関係を Fig.1 に示す。MR 効果が発現し、NM 膜厚の増加とともに MR 比が振動している。その振動周期は NM のフェルミ波長の2分の1になっており、MR 比の振動は NM 内での干渉効果によって生じていると考えられる。次に従来の3層構造 FM/NI/FM 及び本研究の4層構造における絶縁体膜厚と MR 比の関係を Fig.2 に示す。ここで4層構造の NM 膜厚は各 FI 膜厚に対して MR 比が最大となる膜厚を選択した。4層構造においては FI の膜厚の増加とともに MR 比の最大値が増加した。また、FI 膜厚が 1nm 以上では MR 比の最大値は従来の3層構造 FM/NI/FM の MR 比より大きくなることが明らかとなった。

以上の結果から、今回の4層構造で FI および NM の膜厚を適切に選択することで、従来の3層構造を超える MR 比が得られると結論付けることが出来る。さらに、NM の材料としてフェルミ波長の長い物質を用いることで、NM 膜厚のばらつきによる MR 比のばらつきを抑制できると考えられる。

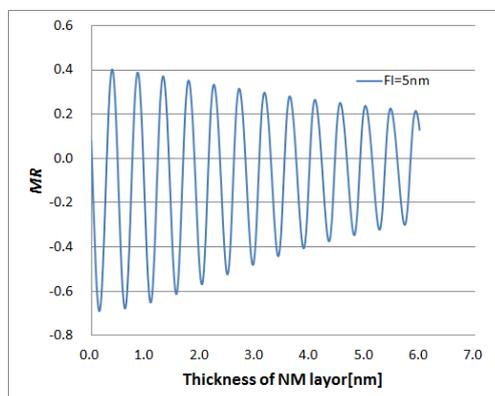


Fig.1 MR ratio vs NM thickness

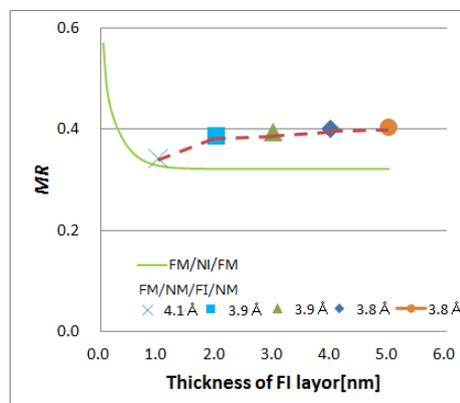


Fig.2 MR ratio vs FI thickness
calculated for various NM thickness