

ワイル強磁性体 Co_2MnAl を用いたスピン軌道トルク磁化反転

Spin-orbit-torque induced magnetization switching using Co_2MnAl spin source

北海道大学

森田大夢, 原拓也, 山ノ内路彦, 植村哲也

Hokkaido University

Daimu Morita, Takuya Hara, Michihiko Yamanouchi, and Tetsuya Uemura

1.はじめに

スピン軌道トルク(SOT)による垂直磁化膜の磁化反転は、次世代 MRAM 開発にとって重要な技術の一つである。その中でも、強磁性体から生成されるスピン流による SOT は、無磁場下での垂直磁化膜の磁化反転を可能とするため、注目を集めている。Co 基ホイスラー合金 Co_2MnAl (CMA)は大きなスピン軌道相互作用を示すワイル強磁性体であることが理論的に予測されているため[1], SOT を誘起するスピン源として期待される。本研究では、面内に磁化した CMA をスピン源として用い、無磁場下での垂直磁化膜 CoFeB の SOT 磁化反転を調べた。

2.実験方法

MgO(001)単結晶基板上に基板側から MgO buffer(10)/CMA(5)/Ti(3)/CoFeB(1.2)/MgO(3)/Ta cap(1) (単位: nm) からなる積層構造(Fig.1)を成膜した。CMA 層は基板温度 600°C で成膜した後、 600°C で 15 分間アニールした。全ての層を成膜後、CoFeB の垂直磁気異方性を向上させるために、真空中において、膜面垂直方向に 0.5 T の磁場を印加しながら、 250°C で 1 時間アニールした。この積層膜をチャネル幅 $5\ \mu\text{m}$ のホールバー構造に加工し、SOT 磁化反転を測定した。

3.結果と考察

Fig.2(a)に積層膜における横抵抗 R_{yx} の面直磁場 $\mu_0 H_z$ 依存性を示す。ゼロ磁場近傍で明瞭なヒステリシスが観測されたことから、CoFeB が膜面垂直方向に磁化容易軸を有していることがわかる。また、磁場の増加とともに単調に増加し、高磁場で飽和する R_{yx} の信号は、膜面内方向に磁化容易軸を有する CMA の成分を反映していると考えられる。

SOT 磁化反転を調べるため、無磁場下においてチャネルに $100\ \mu\text{s}$ 幅のパルス電流 I_p ($-10 - 10\ \text{mA}$)を印加した後、十分小さな DC 電流で R_{yx} を測定した。Fig.2(b)に得られた R_{yx} の I_p 依存性を示す。無磁場下においてチャネルに $100\ \mu\text{s}$ 幅のパルス電流 I_p を印加し、その時の CoFeB の磁化特性を R_{yx} により評価した。CMA の磁化方向と平行に I_p を印加したとき、CMA 層で発生したスピン流による CoFeB 層の明瞭な SOT 磁化反転が観測された。さらに、CMA の磁化方向と反平行に I_p を印加したとき、磁化反転の極性が逆転した。このことは、CoFeB 層に注入されるスピンの方向が CMA の磁化方向により制御できることを示している。講演では、スピン流生成の機構についても議論する。

参考文献

[1] J. Kübler, and C. Felser, EPL **114**, 47005 (2016).

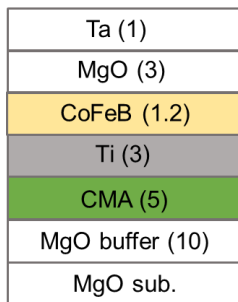


Fig.1. Schematic of the stacking structure used in this study

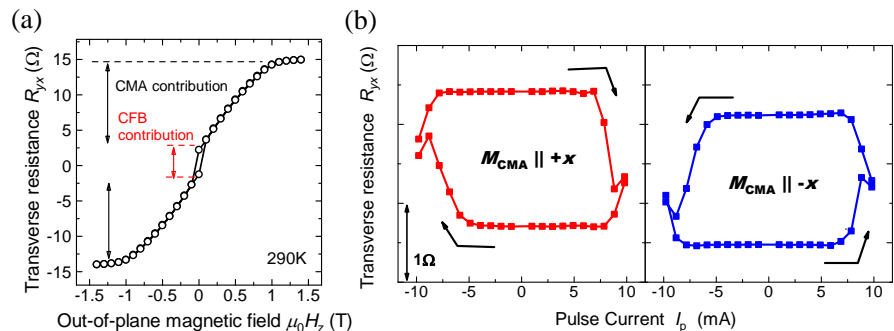


Fig.2. (a) Transverse resistance R_{yx} as function out-of-plane magnetic field $\mu_0 H_z$ for CMA(5)/Ti(3)/CoFeB(1.2) stack. (b) Current-induced magnetization switching for the direction of the CMA magnetization M_{CMA} pointing to the $+x$ and $-x$ direction.