

課題番号 : F-21-HK-0022  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : スピン軌道トルク磁化反転を利用したスピン機能素子の作製  
 Program Title (English) : Fabrication of spintronic devices utilizing spin-orbit-torque induced magnetization switching  
 利用者名(日本語) : 原拓也, 菊池啓太, 山ノ内路彦, 植村哲也  
 Username (English) : T. Hara, K. Kikuchi, M. Yamanouchi, and T. Uemura  
 所属名(日本語) : 北海道大学大学院情報科学院・研究院  
 Affiliation (English) : Faculty/Grad. School of Information Science and Technology, Hokkaido Univ.  
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, スピン軌道トルク磁化反転, MnGa

### 1. 概要(Summary)

本研究の目的は, 高いスピン偏極が期待されるハーフメタル強磁性体等に対するスピン軌道トルク(SOT)を用いた磁化制御の学理を確立し, 高速性・低消費電力性に優れたスピントロニクスデバイスを実現することである. そのため, ハーフメタル性に優れた Co 基ホイスラー合金や強い垂直磁気異方性を有する MnGa に対する SOT 磁化反転の実証とそれを利用した磁気メモリを開発する. 今年度は, MnGa/Co<sub>2</sub>MnSi 反強磁性結合膜において SOT の効率が磁化補償点近傍で増大することを明らかにした.

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

超高精度電子ビーム露光装置(ELS-7000HM)  
 反応性イオンエッチング装置(RIE-10NRV)  
 ダイシングソー (DAD322)

#### 【実験方法】

MgO(001)単結晶基板に, (基板側から) MgO buffer (10 nm)/NiAl buffer (5 nm)/MnGa (2 nm)/Co<sub>2</sub>MnSi(0~1.7 nm)/Ta (5 nm)/MgO cap (2 nm) からなる積層構造を成長した. 磁化補償を実現するために, スライドシャッターを用いて CMS 傾斜膜を成長し, CMS の膜厚を  $t_{\text{CMS}} = 0 \sim 1.7$  nm の範囲で連続的に変化させた. 結晶性向上のため, NiAl (MnGa) は室温で堆積後, 540 (400) °C でアニールを施した. 成膜した層構造を電子ビーム露光装置および反応性イオンエッチング装置を用い, ホールバー形状に加工し, SOT 磁化反転特性を室温で測定した.

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

磁化測定の結果,  $t_{\text{CMS}} < 1.15$  nm のとき, CMS と

MnGa が反強磁性的に結合し, さらに明瞭な垂直磁気異方性を示すことを確認した. Fig. 1 に, SOT 由来の有効磁場から算出した SOT の効率の  $t_{\text{CMS}}$  依存性を示す. 興味深いことに, SOT 効率は磁化補償点の近傍で最大となることがわかった. これは磁化補償によって積層膜全体の磁気モーメントが減少したことが原因と考えられる.

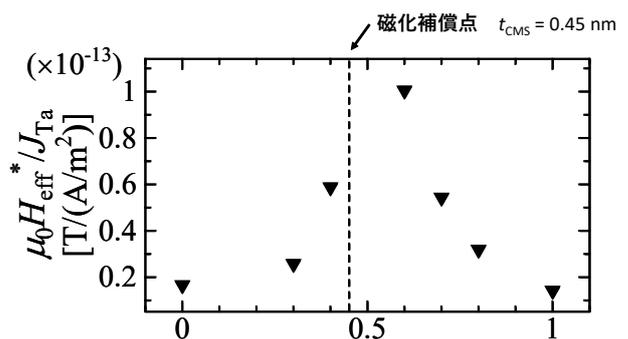


Fig. 1.  $t_{\text{CMS}}$  dependence of SOT efficiency in MnGa/CMS bilayers.

### 4. その他・特記事項(Others)

・JSPS 科研費 20H02174

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) T. Hara et al., IEEE TMAG (in press).
- (2) T. Hara et al., The 15th Joint MMM-INTERMAG Conference, GPC-01, Virtual Conference, Jan. 10-14, 2022.

### 6. 関連特許(Patent)

無し