

課題番号 : F-20-HK-0006  
 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) : 城野航平, 潘達, 長谷部俊, 石戸谷統, 東慎一, 原拓也, 山口大貴, 植村哲也  
 Username (English) : K. Jono, D. Pan, S. Hasebe, O. Ishidoya, S. Azuma, T. Hara, H. Yamaguchi, 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ける明瞭かつ高効率な SOT 磁化反転を実証した。

### 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)単結晶基板の上に、(基板側から) MgO buffer (10 nm)/NiAl buffer (5 nm)/MnGa (2 nm)/Co<sub>2</sub>MnSi(1 nm)/Ta (5 nm)/MgO cap (2 nm) からなる積層構造を成長した。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。また、比較のため、Co<sub>2</sub>MnSi(CMS)層無しの構造も作製した。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)

Fig. 1 に、(a)MnGa(2)/Ta と(b)MnGa(2)/CMS/Ta

の SOT 磁化反転を示す。Ta 層で発生したスピン流による明確な SOT 磁化反転が両素子ともに観測された。興味深いことに、MnGa/CMS/Ta のスイッチング電流は MnGa/Ta のスイッチング電流よりも半分ほど小さかった。これは CMS 層挿入による異方性磁場の低減により説明することができる。以上の結果から、MnGa/CMS 二層膜は SOT スwitching 電流の低減に効果があることがわかった。

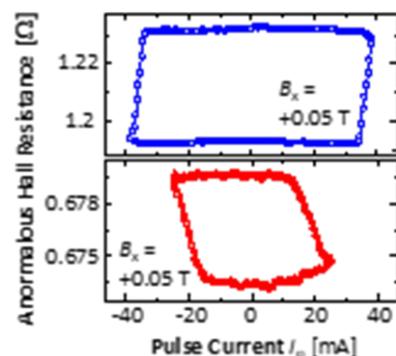


Fig. 1. Anomalous Hall resistance  $R_{yx}$  as a function of pulse current  $I_p$  for (a) MnGa(2)/Ta and (b) MnGa/CMS/Ta.

### 4. その他・特記事項(Others)

・JSPS 科研費 20H02174

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

(1) K. Jono et al., AIP Adv. **11**, 025205, 2021.

(2) K. Jono et al., SSDM2020, I-1-04, Virtual Conference, Sep. 27-30, 2020.

### 6. 関連特許(Patent)

無し