

課題番号 : F-18-HK-0043  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : Co<sub>2</sub>MnSi 薄膜を用いた電流面直型巨大磁気抵抗素子における双二次層間交換結合の起源  
 Program Title (English) : Origin of biquadratic interlayer exchange coupling in Co<sub>2</sub>MnSi-based current-perpendicular-to-plane giant magnetoresistance devices  
 利用者名(日本語) : 井上将希<sup>1)</sup>, 犬伏和海<sup>2)</sup>, 谷本哲盛<sup>1)</sup>, 毛利大樹<sup>1)</sup>, 植村哲也<sup>1)</sup>  
 Username (English) : M. Inoue<sup>1)</sup>, K. Inubushi<sup>2)</sup>, T. Tanimoto<sup>1)</sup>, D. Mouri<sup>1)</sup>, and T. Uemura<sup>1)</sup>  
 所属名(日本語) : 1)北海道大学大学院情報科学研究科, 2) TDK 株式会社  
 Affiliation (English) : 1) Hokkaido University, 2) TDK Corporation  
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, ハーフメタル材料, Co 基ホイスラー合金, 巨大磁気抵抗素子, 磁気結合

## 1. 概要(Summary)

Co<sub>2</sub>MnSi(CMS)はスピン偏極率が100%のハーフメタルであることが理論的に指摘され, また, 強磁性転移温度が室温よりも十分高いことから, スピントロニクスデバイスの有望な電極材料として注目されている. 最近, CMS を用いた巨大磁気抵抗(GMR)素子において, 上部と下部のCMS 電極間で双二次層間交換結合と呼ばれる磁気結合が生じ, 磁気抵抗(MR)比の低下をもたらすことが指摘されている[1]. そのため, この磁気結合の起源解明はCMS の優れたハーフメタル性をフル活用する上で重要な課題である. 本研究では, スペーサ層に拡散したMn原子を介した磁気結合がCMS系GMR素子における双二次層間交換結合の起源であ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 基板上にCMS/Ag/CMS からなるGMR層構造を成膜後, 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, 接合面積が70×120 nm<sup>2</sup> ~ 400×640 nm<sup>2</sup> のGMR素子に加工した. その後, 基板をダイシングソーによりチップに加工し, 素子のMR特性とスピン移行トルク(STT)磁化反転特性を評価した.

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に作製した素子の, 室温におけるMR特性とSTT特性の比較を示す. 磁場掃引による反平行(AP)状態の

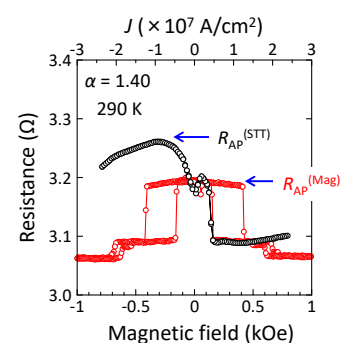


Fig. 1. Comparison between an MR curve and an STT curve at 290 K for CMS/Ag/CMS GMR device. The red and black curves indicate the MR curve and STT curve, respectively.

抵抗  $R_{AP}^{(MAG)}$  に比べ, STT による AP 状態の抵抗  $R_{AP}^{(STT)}$  の方が大きくなった. これは双二次層間交換結合の存在により, 磁場掃引では完全な反平行状態が形成されていないためと考えられ, このことより双二次層間交換結合の存在が示された. さらに, この結合の強さは, (1) CMS の Mn 組成の増加とともに強くなること, (2) CMS と Ag スペーサの界面に CoFe 層を挿入することで弱くなること, (3) 低温で顕著に増大すること, がわかった. 以上の結果は, CMS 層から Ag スペーサ層に拡散した Mn 原子が双二次層間交換結合の起源であることを示している.

## 4. その他・特記事項(Others)

・JSPS 科研費 17H03225

・参考文献

[1] H.S. Goripati *et al.*, J. Appl. Phys. **110**, 123914 (2011).

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

(1) M. Inoue *et al.*, Appl. Phys. Lett. **114**, 062401 (5pp) (2019).

(2) D. Mouri *et al.*, 2018 Int'l. Conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM2018). (2018年9月13日).

(3) M. Inoue *et al.*, IEEE International Magnetism Conference 2018 (INTERMAG 2018). (2018年4月27日)

## 6. 関連特許(Patent)

なし