

Co₂MnSi 薄膜を用いた電流面直型スピバルブ素子における 双二次層間交換結合の起源

谷本哲盛¹, 犬伏和海², 毛利大樹¹, 井上将希¹, 中田勝之², 山本眞史¹, 植村哲也¹
(¹北海道大学, ²TDK 株式会社)

Origin of bi-quadratic interlayer exchange coupling in Co₂MnSi-based
current-perpendicular-to-plane spin valves

Tessei Tanimoto¹, Kazuumi Inubushi², Daiki Mouri¹, Masaki Inoue¹,
Katsuyuki Nakada², Masafumi Yamamoto¹, and Tetsuya Uemura¹
(¹Hokkaido University, ²TDK Corporation)

1. はじめに

Co 基ホイスラー合金を用いた電流面直型巨大磁気抵抗(CPP-GMR)素子は、ホイスラー合金のハーフメタル性に起因する高い磁気抵抗(MR)比が期待されることから、これまで盛んに研究がなされている¹⁻³。最近、我々は Co₂MnSi(CMS)を用いた CPP-GMR 素子において、その MR 比が Mn 組成とともに増加することを見出し、強磁性磁気結合(MTJ)同様、Mn-rich CMS の有用性を GMR 素子においても実証した¹。しかしながら、MR 比の温度依存性において異常な振る舞いが見られ、Mn 組成の増加につれ、低温における MR 比の顕著な減少が見られた。同様の低温における MR 比の減少は以前にも CMS あるいは Co₂(Mn,Fe)Si を用いた GMR 素子に対して報告されており^{2,3}、その起源の解明は Co 基ホイスラー合金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。これまで、低温における MR 比の減少がスピン移行トルク(STT)により緩和されることが見出されており、このことから、強磁性層間の bi-quadratic interlayer exchange coupling(90° coupling)の影響が指摘されている³。また、この 90° coupling の強さが温度に大きく依存することから loose spin model⁴ との関連が指摘されているが、その詳細な機構に関しては明らかになっていない。本研究の目的は、CMS 系 GMR 素子における 90° coupling の起源と loose spin model との関連を明らかにすることである。

2. 実験方法

MgO(001)単結晶基板上に(下部側から)Co₅₀Fe₅₀(CoFe)/Ag/CoFe 下地層を介して、CMS/Ag/CMS 三層構造を有する保磁力差型 CPP pseudo spin valve(PSV)素子(series-A)の層構造と、CMS と Ag の界面に厚さ 1.8 nm の極薄 CoFe 層を挿入した CPP-PSV 素子(series-B)の 2 通りの層構造を作製した。各シリーズにおいて、CMS 電極(Co₂Mn_αSi_{0.82})電極の Mn 組成 α を Mn deficient の $\alpha = 0.62$ から Mn rich な $\alpha = 1.40$ まで系統的に変化させた。CMS 電極の結晶性向上のため、上部 CMS 電極を室温にて堆積後、in-situ で 550°C のアニールを行った。上記の層構造に対して、微細加工により CPP-PSV 素子を作製し、それらの MR 特性および STT 特性を直流 4 端子法により測定した。

3. 結果および考察

図 1 に series-A の CPP-PSV 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)状態の抵抗 $R_{AP}^{(MAG)}$ に比べ STT による AP 状態の抵抗 $R_{AP}^{(STT)}$ が大きくなり、磁場掃引では完全な AP 状態が形成されていないと考えられる。このことより 90° coupling の存在が示され、この結合の強さは、(1)Mn 組成増加とともに強くなること、(2)CMS と Ag スペースの界面に 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、が分かった。以上の結果は、CMS 層から Ag スペース層に拡散した Mn 原子が loose spin として振舞うという機構で説明できる。

参考文献

- 1) Y. Sakuraba et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **44**, 064009 (2011).
- 2) M. Inoue et al., Appl. Phys. Lett. **111**, 082403 (2017).
- 3) H. S. Goripati et al., J. Appl. Phys. **110**, 123914 (2011).
- 4) J.C. Slonczewski, J. Appl. Phys. **73**, 5957 (1993).

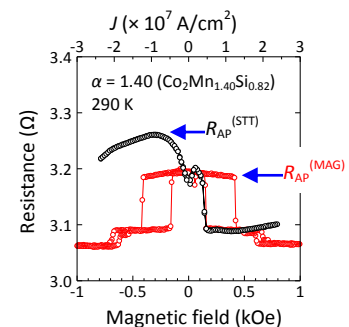


Fig. 1. Comparison between an MR curve and an STT curve at 290 K for a series-A PSV (w/o CoFe insertion) with a Mn composition of $\alpha = 1.40$ (Co₂Mn_{1.40}Si_{0.82}). The red and black curves indicate the MR curve and STT