

# ホイスラー合金 CPP-GMR 素子における界面挿入効果

窪田 崇秀<sup>1,2</sup>, 温 振超<sup>1,2</sup>, 高梨 弘毅<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 東北大学金属材料研究所、<sup>2</sup> 東北大学スピントロニクス学術連携研究教育センター)

Interface layer effects for Heusler alloy based CPP-GMR junctions

T. Kubota<sup>1,2</sup>, Z. Wen<sup>1,2</sup>, and K. Takanashi<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> Institute for Materials Research, Tohoku Univ., <sup>2</sup> Center for Spintronics Research Network, Tohoku Univ.)

## はじめに

ハーフメタルホイスラー合金を用いた膜面垂直通電型巨大磁気抵抗 (CPP-GMR) 素子は、低抵抗領域 (面積抵抗値、 $RA < 0.1 \Omega \mu\text{m}^2$ ) において比較的大きな磁気抵抗変化率 (MR 比) が得られる点で注目されている。我々のグループでは最近  $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$  (CFMS) ホイスラー合金と  $L1_2$  型  $\text{Ag}_3\text{Mg}$  規則合金中間層を組み合わせることで、室温で 60% を超える MR 比を報告したが<sup>1)</sup>、応用の観点では出力特性の更なる向上が望まれる。Mn を含むホイスラー合金は、界面における交換スティフネスの低下<sup>2)</sup>や Mn 元素の拡散<sup>3)</sup>などが更なる高 MR 化のための課題として議論されており、その対応策としてホイスラー合金層と中間層との界面への極薄挿入層の導入が提案されている<sup>4)</sup>。そこで本研究では CFMS/ $\text{Ag}_3\text{Mg}$ /CFMS 素子における界面挿入の効果について検討した<sup>5)</sup>。

## 実験方法

積層膜試料は超高真空マグネトロンスパッタ装置を用いて MgO(100)単結晶基板上に作製した。膜構成は MgO 基板/Cr 20 nm/Ag 40 nm/CFMS 20 nm/界面層  $t$ / $\text{Ag}_3\text{Mg}$  5 nm/界面層  $t$ /CFMS 7 nm/Ag 2 nm/Au 5 nm である。界面層は Fe 又は Mg を用い、いずれも膜厚 ( $t$ ) をゼロから 0.6 nm までの範囲で変化させた。積層膜は電子線リソグラフィ、イオンミリング法によりピラーに加工した。CPP-GMR は直流 4 端子法で測定し、低バイアス (電流密度、 $J \sim 10^5 \text{A/cm}^2$ ) に加えて、バイアス依存性による出力電圧 ( $\Delta V$ ) の評価を室温で行った。また、低バイアスにおける MR 比の測定温度依存性を 10 - 300 K の範囲で評価した。

## 実験結果

室温、低バイアス電流密度において、Fe、Mg いずれの挿入層の場合も MR 比は挿入層膜厚の増大に伴い低下した。一方、バイアス依存性の評価の結果、高バイアス ( $J > 10^7 \text{A/cm}^2$ ) 領域における  $\Delta V$  は挿入層膜厚に依存せず 4 mV 程度の値が得られた。加えて、 $\Delta V$  が最大値を示すバイアス電流密度が、挿入層を導入することで増加することを確認した。この結果は、挿入層の導入によりスピントランスファートルクによる磁化の揺動が抑制され、高バイアス領域で大きな出力電圧を維持しやすくなったためと考えられる。測定温度依存性においては、Fe 挿入の素子では MR 比が 50 ~ 250 K の範囲で最大値を示し、MR 比が最大となる温度が挿入層膜厚に依存することを確認した。一方、Mg 挿入の素子では、挿入層が無い素子と同様に測定温度の低下に伴い MR 比は増加した。講演では、挿入層材料に依存した測定温度依存性の違いの起源について議論する予定である。

## 謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金 (基盤研究 S、25220910)、情報ストレージ研究推進機構 (ASRC) の支援を受けた。

## 参考文献

- 1) T. Kubota *et al.*, Phys. Rev. Materials **1**, 044402 (2017).
- 2) Y. Sakuraba *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101**, 252408 (2012).
- 3) Y. Sakuraba *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **44**, 064009 (2011); T. Kubota *et al.*, *ibid.* **59**, 014004 (2017).
- 4) J. W. Jung, *et al.*, IEEE Trans. Magn. **52**, 4400404 (2016).
- 5) T. Kubota *et al.*, Materials **11**, 219 (2018).