

# Co<sub>2</sub>Fe<sub>0.4</sub>Mn<sub>0.6</sub>Si および L<sub>12</sub>-AgMg を用いた CPP-GMR 効果の 中間層膜厚依存性

伊奈幸佑<sup>1</sup>、窪田崇秀<sup>1,2</sup>、高梨弘毅<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 東北大 金研, <sup>2</sup> 東北大 スピントロニクス学術連携研究教育センター)

Spacer layer thickness dependence of CPP-GMR effects using  
half-metallic Co<sub>2</sub>Fe<sub>0.4</sub>Mn<sub>0.6</sub>Si and L<sub>12</sub> Ag-Mg ordered alloy spacer

Yusuke Ina, Takahide Kubota, Koki Takanashi

(<sup>1</sup> IMR, Tohoku Univ., <sup>2</sup> CSRN, Tohoku Univ.)

## 背景

CPP-GMR 素子は次世代の大容量ハードディスクドライブ (HDD) の読み取りヘッドへの応用が期待されており、低い抵抗面積積 ( $RA$ ) と高い磁気抵抗変化率 ( $MR$  比) が要求されている<sup>1)</sup>。我々のグループでは、これまでの研究で強磁性体層にハーフメタルの Co<sub>2</sub>Fe<sub>0.4</sub>Mn<sub>0.6</sub>Si (CFMS)、中間層に L<sub>12</sub> 規則構造を有する Ag-Mg 合金を用いることで CPP-GMR 素子の高出力化が可能であることを示している<sup>2,3)</sup>。高出力化の起源については CFMS/Ag-Mg の界面抵抗が増大したことなどが議論されているが、明確な結論は示されていない。そこで本研究では、中間層に L<sub>12</sub> Ag<sub>78</sub>Mg<sub>22</sub> を用い CFMS/Ag-Mg/CFMS の中間層膜厚依存性を調査した。

## 実験方法

素子の膜構成は MgO (100) sub./Cr (20 nm)/Ag (40 nm)/CFMS (20 nm)/Ag<sub>78</sub>Mg<sub>22</sub> ( $t$  nm)/CFMS (7 nm)/Ag (2 nm)/Au (5 nm) である。成膜はすべて室温で行い、Cr および上部 CFMS 成膜後にそれぞれ 650°C と 500°C で熱処理を行った。Ag<sub>78</sub>Mg<sub>22</sub> の膜厚  $t$  は 2, 3, 5, 8, 12 nm である。また上部 CFMS を成膜後、反射高速電子線回折 (RHEED) 観察を用い、最表面の結晶構造を評価した。素子の面積は参照用試料に対する、接合部上方からの走査電子顕微鏡観察と、実際に  $MR$  測定を行った試料の中から抽出した素子に対する断面方向の高角度散乱暗視野 (HAADF-STEM) 像を用いて算出した。 $MR$  測定は室温で直流四端子法を用いて行った。 $RA$  は素子面積の逆数  $1/A$  に対する素子抵抗  $R_p$  をプロットし、近似直線の傾きから算出した。

## 実験結果

RHEED の観察結果から中間層の膜厚に依らず、上部 CFMS 層はエピタキシャルに成長し、L<sub>21</sub> 構造に規則化していることが確認された。 $RA$  は膜厚の増加と共に増加する傾向が見られた。一方、 $MR$  比は中間層膜厚  $t=2, 3, 5, 8, 12$  nm に対し、それぞれ 41%, 53%, 56%, 43%, 34% となり、 $t=5$  nm において最大となった。 $\Delta RA$  の中間層膜厚依存性も  $MR$  比と同様の傾向を示し、最大値は  $t=5$  nm における  $20 \text{ m}\Omega\mu\text{m}^2$  であった。 $\Delta RA$  の膜厚依存性について、 $t > 5$  nm での減少傾向は Vale-Fert モデル<sup>4)</sup>から定性的に説明可能である。 $t < 5$  nm に関しては、薄膜領域における Ag-Mg 層の規則度の低下や、不連続化といった要因が  $\Delta RA$  減少の理由として考えられる。今後、Ag 層を中間層に用いた試料との比較、考察を行う予定である。

## 謝辞

本研究は日本学術振興会の科研費(No. 25220910)、情報ストレージ研究推進機構 (ASRC) の助成を得て実施したものである。

## 参考文献

- 1) M. Takagishi, *et al.*, IEEE Trans. Magn. **46**, 2086 (2010).
- 2) H. Narisawa, *et al.*, Appl. Phys. Express **8**, 063008 (2015).
- 3) T. Kubota *et al.*, 2015 年第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 13p-PA1-17.
- 4) T. Valet and A. Fert, Phys. Rev. B **48**, 7099 (1993).