

# Co<sub>2</sub>Fe<sub>0.4</sub>Mn<sub>0.6</sub>Si/L<sub>12</sub> 型 Ag<sub>3</sub>Mg/Co<sub>2</sub>Fe<sub>0.4</sub>Mn<sub>0.6</sub>Si 素子における 膜面垂直通電型巨大磁気抵抗効果の強磁性層膜厚依存性

窪田 崇秀<sup>1,2</sup>、伊奈 幸佑<sup>1</sup>、温 振超<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)

Ferromagnetic layer thickness dependence of current perpendicular-to-plane giant magnetoresistance effect  
in Co<sub>2</sub>Fe<sub>0.4</sub>Mn<sub>0.6</sub>Si/L<sub>12</sub>-type Ag<sub>3</sub>Mg/Co<sub>2</sub>Fe<sub>0.4</sub>Mn<sub>0.6</sub>Si devices

Takahide Kubota<sup>1,2</sup>, Yusuke Ina<sup>1</sup>, Zhenchao Wen<sup>1,2</sup>, Koki Takanashi<sup>1,2</sup>

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

## はじめに

膜面垂直通電型の巨大磁気抵抗素子 (CPP-GMR 素子) は、面積抵抗積 (RA 値)  $0.01 - 0.1 \Omega \mu\text{m}^2$  程度の低抵抗領域において比較的大きな磁気抵抗変化率 (MR 比) が得られることから、次世代のハードディスクドライブ用の読み取りヘッドへの応用が期待されている<sup>1)</sup>。我々のグループは、これまでに高スピン分極材料である Co<sub>2</sub>Fe<sub>0.4</sub>Mn<sub>0.6</sub>Si (CFMS) ホイスラー合金を磁性層とし、非磁性中間層に L<sub>12</sub> 型の Ag<sub>3</sub>Mg 合金を用いることで高出力化が可能であることを示してきた<sup>2,3)</sup>。Ag<sub>3</sub>Mg 中間層を用いた素子は、それまで典型的に用いられていた Ag 中間層と比較して特に面積抵抗変化 ( $\Delta RA$ ) が大きいことが確認されているが<sup>3)</sup>、その起源についての議論はこれまで十分には行われていない。そこで本研究では CFMS/Ag<sub>3</sub>Mg/CFMS CPP-GMR 素子における  $\Delta RA$  の CFMS 層膜厚依存性に Valet-Fert のモデル<sup>4)</sup>を適用することで、バルク並びに界面のスピン非対称係数 ( $\beta$ ,  $\gamma$ ) を算出することを目的とした。

## 実験方法

超高真空マグネトロンスパッタ装置を用い、MgO (100) 単結晶基板/Cr (20 nm)/Ag (40 nm)/CFMS ( $t_{\text{CFMS}}$  nm)/Ag 又は Ag<sub>3</sub>Mg (5 nm)/CFMS ( $t_{\text{CFMS}}$  nm)/Ag (2 nm)/Au (5 nm) の積層膜を作製した。CFMS 層膜厚 ( $t_{\text{CFMS}}$ ) は 3, 4, 5, 7, 9, 12 nm とした。各層は室温で成膜し、Cr と上部の CFMS 層成膜後に超高真空中で、それぞれ 650°C、500°C で熱処理を行った。試料は電子線リソグラフィ法等を用いてサブミクロンオーダーの素子に加工した。GMR 効果の測定は室温において直流 4 端子法で行った。

## 実験結果

$t_{\text{CFMS}} = 12 \text{ nm}$  における MR 比 (寄生抵抗の寄与を差し引く前の値) は Ag 中間層の素子で 24%、Ag<sub>3</sub>Mg 中間層の素子で 23% であった。いずれの中間層の場合においても  $t_{\text{CFMS}}$  の減少に伴い MR 比は増大し、MR 比は Ag、Ag<sub>3</sub>Mg それぞれの場合で 43%、49% まで増大した。 $\Delta RA$  の  $t_{\text{CFMS}}$  依存性から  $\beta$ ,  $\gamma$  を算出した結果、 $\beta$  は Ag 中間層素子で 0.63 程度、Ag<sub>3</sub>Mg 中間層の素子で 0.78 程度の値が得られた。 $\gamma$  の値については、CFMS 層と中間層との界面における、界面抵抗値の不確定性のために値の確定には至っていないものの、いずれの素子においても 0.7 以上となると考えられる。Ag 中間層の素子と比較して Ag<sub>3</sub>Mg 中間層の素子で高い  $\beta$  が得られた要因は、中間層/CFMS 層界面が改善されたことによって CFMS 層の規則性が向上したためと考えられる。

## 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) M. Takagishi *et al.*, IEEE Trans. Magn. **38**, 2277 (2010).
- 2) H. Narisawa *et al.*, Appl. Phys. Express **8**, 063008 (2015).
- 3) T. Kubota *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **50**, 014004 (2017).
- 4) T. Valet and A. Fert, Phys. Rev. B **48**, 7099 (1993).