

## Ag/InZnO/Zn スペーサー層をもつ CPP-GMR スピンバルブの微細構造と磁気抵抗特性

中谷友也、佐々木泰祐、李松田、桜庭裕弥、古林孝夫、宝野和博  
(物質・材料研究機構)

Microstructure and magneto-resistive properties of CPP-GMR spin-valves with Ag/InZnO/Zn spacer  
Tomoya Nakatani, Taisuke Sasaki, Songtian Li, Yuya Sakuraba, Takao Furubayashi, and Kazuhiro Hono  
(National Institute for Materials Science)

### はじめに

電流面直巨大磁気抵抗 (CPP-GMR) はトンネル磁気抵抗に比べ、面積抵抗 ( $RA$ ) が 1 桁以上小さく、ハードディスクドライブの再生ヘッドセンサーへの応用が期待される。CPP-GMR 出力の増大のために、高スピン分極なホイスラー合金を強磁性層に用いるほか、スペーサー層に Ag/InZnO (IZO)/Zn の積層構造を用いることが有効であることが報告されている。[1] しかしながら、スペーサー層を構成する各層の役割はよくわかっていない。本研究では、Ag/IZO/Zn スペーサー層を用いた CPP-GMR 積層膜および素子について、微細構造と磁気抵抗特性の関係について調査した。

### 実験方法

スパッタリングにより、Cu 電極上に Ta/Ru(2)/IrMn(6)/CoFe(2.8)/Ru(0.8)/CoFe(0.6)/CoFeBTa(0.8)/CMFG(2.5)/CoFe(0.4)/Ag(0.2 or 0.4)/IZO(1.6)/Zn(0.8)/CoFe(0.4)/CMFG(4)/CoFe(1)/Ru(8) (膜厚は nm) の多結晶スピンバルブ構造を作製し、磁場中で 280 °C、3 時間のアニールを行った。CMFG は  $\text{Co}_2(\text{Mn}_{0.6}\text{Fe}_{0.4})\text{Ge}$  ホイスラー合金である。直径 100 nm および 200 nm の円形素子に微細加工し、室温での磁気抵抗特性を 4 端子法により測定した。スピンバルブ薄膜の微細構造を走査透過電子顕微鏡 (STEM) およびエネルギー分散型 X 線分光 (EDS) によって解析した。

### 結果

図 1 に CPP-GMR 素子の面積抵抗 ( $RA$ ) と磁気抵抗比 ( $\Delta R/R$ ) を示す。比較として、 $\text{Ag}_{90}\text{Sn}_{10}$  (4 nm) スペーサー層の CPP-GMR 素子では  $RA \sim 65 \text{ m}\Omega \mu\text{m}^2$ ,  $\Delta R/R = 9\%$  であった。一方、Ag/IZO/Zn スペーサー層を用いることで、 $RA$  を 70–120  $\text{m}\Omega \mu\text{m}^2$ ,  $\Delta R/R$  を 15% 以上に増大することができる。Ag 挿入層が厚いほど  $RA$  が小さくなる傾向がある。積層膜構造と成膜プロセスを改善することで、 $\Delta R/R$  を 30% まで増大させることができた (図 1(b), (c))。これは、 $RA$  と  $\Delta R/R$  の点では 2 Tbit/in<sup>2</sup> の磁気記録密度に対応する再生ヘッドセンサーの要求性能を満足している。[2]

図 2(a)-(c)に、EDS による In, Zn, Ag の分布を示す。In と Zn は同一の位置に存在していることから IZO 上に別に成膜された Zn は IZO 中に拡散し、一体の IZO を形成すると考えられる。一方、Ag は IZO スペーサー中に不均一に分布している (図 2(c))。今回の STEM による解析では、Ag は fcc-Ag として IZO マトリックス中に析出しているのか、それとも IZO 中に固溶しているのかは結論できないものの、面直電流は Ag 濃度の高い部分を選択的に流れることが予想される。すなわち、Current-confined-path 的な不均一な電流分布が、 $RA$  と  $\Delta R/R$  の増大の起源であると考えられる。

参考文献 [1] Nakatani et al. APEX 8, 093003 (2015). [2] Takagishi et al. IEEE Trans. Magn. 46, 2086 (2010).

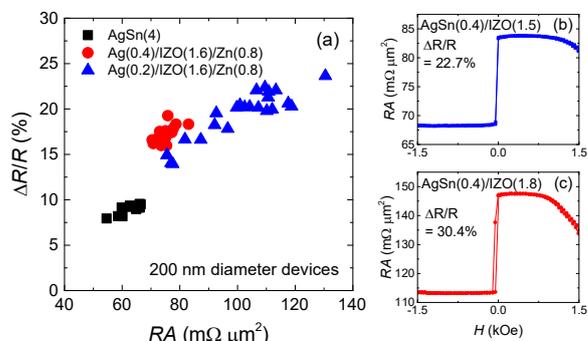


図 1 (a) Ag/IZO/Zn スペーサー素子の  $RA$  と  $\Delta R/R$  の分布。(b), (c) 膜構造と成膜プロセスの改善後の MR 曲線。スペーサー層は  $\text{Ag}_{90}\text{Sn}_{10}/\text{IZO}$ 。

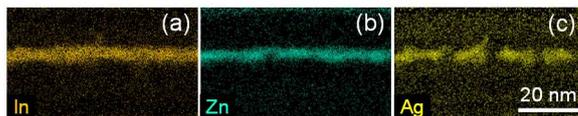


図 2 Ag(0.4)/IZO(1.6)/Zn(0.8) スペーサー層の CPP-GMR 素子 ( $RA = 70 \text{ m}\Omega \mu\text{m}^2$ ,  $\Delta R/R = 17\%$ ) における In, Zn, Ag の分布。