

Ag-In:Mn-Zn-O ナノコンポジットスペーサーを有する

CPP-GMR 素子の微細構造とスピン依存伝導

中谷 友也, 佐々木 泰祐, 桜庭 裕弥, 宝野 和博

(物質・材料研究機構)

Microstructure and spin-dependent electronic transport in CPP-GMR devices with Ag-In:Mn-Zn-O spacer

Tomoya Nakatani, Taisuke Sasaki, Yuya Sakuraba, Kazuhiro Hono

(National Institute for Materials Science)

はじめに

Cu:AlO_xなどのナノコンポジットをスペーサー層に用いることで、電流が nm サイズの金属パスに狭窄され、CPP-GMR 比が増大することが知られている¹⁾。我々は昨年、ホイスラー合金 Co₂(Mn_{0.6}Fe_{0.4})Ge (CMFG)を強磁性体層に用いた CPP-GMR 素子に、Ag-In-Zn-O (AIZO)をスペーサーとして用いることで 50%を超える高い MR 比が得られることを報告した²⁾。これは、CMFG 中の Mn と IZO 中の In₂O₃の間の酸化還元反応により、Mn-Zn-O マトリックス中に Ag-In 合金のパスが析出したナノコンポジットが形成され、Ag-In パス電流が狭窄する効果によると考えられる。すなわち AIZO 層は Ag-In:Mn-Zn-O ナノコンポジットの前駆体として機能する。しかしながら、Ag/IZO 2 層構造をスペーサーの前駆体に用いた場合に得られる MR 比は AIZO を用いた場合に比べて小さい。本研究では、これら 2 種類の系における MR 比の違いを決定するメカニズムを、微細構造解析の結果を元に考察した。

実験方法

CPP-GMR 素子の積層構造は、Cu 電極/Ta(2)/Ru(2)/CoFe(0.5)/CoFeBTa(1.5)/CMFG(5)/CoFe(0.4)/スペーサー/CoFe(0.4)/CMFG(5)/CoFeBTa(1.5)/Ru(8) (膜厚は nm) であり、スペーサーの前駆体として 1.2 nm 厚の AIZO (公称 Ag 濃度 29 at. %)と、Ag(0.4 nm)/IZO(1.3 nm)を用いた。成膜後に 280 °C で 3 h の熱処理をおこなった。これらの CPP-GMR 膜の微細構造を、走査透過電子顕微鏡 (STEM)によって解析した。

実験結果

室温での RA と MR 比は、AIZO 前駆体に対しては $0.08 \ \Omega \cdot \mu\text{m}^2$, 50%, Ag/IZO 前駆体に対しては $0.1 \ \Omega \cdot \mu\text{m}^2$, 30%と、同等の RA に対して大きな MR 比の違いがある。図 1 に STEM による高分解能 HAADF 像を示す。いずれの試料においてもスペーサーは、Mn-Zn-O マトリックスに fcc 構造の Ag-In が分散したナノコンポジット構造であり、Ag-In 析出相は電流狭窄路 (CCP)として機能すると考えられる。Ag-In CCP の大きさは、AIZO 前駆体の場合、直径 5-10 nm 程度 (広範囲視野の低倍観察より測定)、厚さ約 1.8 nm であるのに対し、Ag/IZO 前駆体の場合直径約 3 nm, 厚さ約 2.4 nm と違いが見られる。

2 流体モデルに基づいた CCP-CPP-GMR の理論³⁾によると、強磁性体層と CCP のスピン抵抗の整合性の観点から、MR 比が最大になる CCP の直径が存在する。AIZO, Ag/IZO 前駆体のそれぞれについて、スピン抵抗を見積もったところ、AIZO 前駆体による Ag-In CCP の方が Ag/IZO 前駆体の場合よりも、CMFG 強磁性体層とのスピン抵抗の整合性がよいことが示唆された。

参考文献 1) Fukuzawa *et al.* IEEE Trans. Magn. 40, 2236 (2004).

2) 中谷ら, 第 42 回日本磁気学会学術講演会 13-aB-7. 3) Sato *et al.* IEEE. Trans. Magn. 44, 2608 (2008).

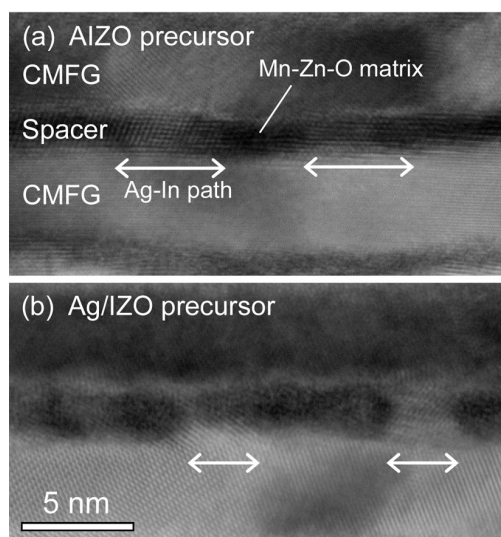


図 1 (a) AIZO および (b) Ag/IZO スペーサー前駆体を用いた CPP-GMR 膜の HAADF-STEM 像。