

平成 27 年 3 月 31 日

プログラム名：無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現

PM 名：佐橋 政司

プロジェクト名：単結晶化・高集積化・3次元化プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 26 年度

研究開発課題名：

新材料開発による単結晶素子の高性能化

研究開発機関名：

東北大学 金属材料研究所

研究開発責任者

高梨 弘毅

当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

単結晶薄膜からなる磁気抵抗素子の高出力化のために新規材料探索・開発を目的とする。当該年度の課題は、面直通電型巨大磁気抵抗素子 (CPP-GMR 素子) 高出力化のための、新規非磁性中間層材料の探索である。大きな磁気抵抗変化率が報告されているハーフメタリックなホイスラー合金磁性電極と格子整合性が良く、多層膜のエピタキシャル成長が可能な材料候補として、Ag-Mg 合金材料の薄膜並びにホイスラー合金とのエピタキシャル多層膜の作製に取り組む。目標は、複数組成の Ag-Mg 合金薄膜を作製し、結晶構造の組成依存性を明らかにするとともに、CPP-GMR 素子の試作を行い、Ag-Mg 合金材料の CPP-GMR 素子高出力化に対する可能性を見出すことである。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

新規非磁性中間層材料の候補の一つである、Ag-Mg 合金薄膜、並びに、ハーフメタルホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ 薄膜を用いた CPP-GMR エピタキシャル多層膜の作製に取り組み、一部の Ag-Mg 組成について CPP-GMR 効果の測定を行った。

Ag-Mg 合金薄膜の作製については、 $\text{MgO}(100)$ 単結晶基板上にエピタキシャル成長させた Cr 下地層の上に、Ag-Mg 薄膜を 50 nm 成膜し、規則構造の組成依存性を調査した。薄膜の Mg 組成は 2 から 41 at.% の範囲とし、8 種の異なる組成の試料を作製し、結晶構造を X 線回折法にて評価した。また、5 nm 厚の $\text{Ag}_{83}\text{Mg}_{17}$ (at.%) 薄膜を $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ ホイスラー合金のエピタキシャル電極上に作製し、高速反射電子線回折装置を用いて結晶構造を評価した。実験の結果、2-2 項成果で記述するように、エピタキシャルの Ag-Mg 薄膜が得られたとともに、 $L1_2$ 規則構造が発現する Mg 組成条件が明らかになった。また、 $\text{MgO}(100)$ 基板/Cr/Ag/ $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ / $\text{Ag}_{83}\text{Mg}_{17}$ / $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ / Ag/Au のエピタキシャル多層膜を作製、電子線リソグラフィとアルゴンイオンリング法を用いてサブミクロンスケールの素子に微細加工し、CPP-GMR 効果の測定を完了している。

一連の実験は概ね計画通りに進んでいる。また、Ag-Mg 中間層を用いることで、CPP-GMR 素子の抵抗変化値が従来材料の Ag と比較して大きくなる傾向が確認できており、研究は順調に進捗している。

2-2 成果

$\text{MgO}(100)$ 単結晶基板上にエピタキシャル成長させた Cr 下地層上の、Ag-Mg 合金エピタキシャル薄膜(厚さ 50 nm)の結晶構造の Mg 組成依存性を調べた結果、Mg 17at.% 以上の組成において、 $L1_2$ の規則構造が現れることを明らかにした(図 1)。

$\text{MgO}(100)$ 基板/Cr/Ag/ $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ / $\text{Ag}_{83}\text{Mg}_{17}$ / $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ / Ag/Au 接合における、CPP-GMR 効果の測定を行い、素子の面積抵抗積 (RA) が $51 \text{ m}\Omega\mu\text{m}^2$ 、磁気抵抗変化率 (MR 比) 40%、 RA の変化値 (ΔRA 値) $23 \text{ m}\Omega\mu\text{m}^2$ が得られた(図 2、(a))。この素子の MR 比は、従来報告されている

Ag 中間層を用いた CPP-GMR 素子 (図 2、(b)) と同程度であるものの、 RA が従来素子よりも大きいため、 ΔRA 値を $10 \text{ m}\Omega\mu\text{m}^2$ 増大させることに成功した。当該成果は、CPP-GMR 素子の出力増大に対し、新規に開発した Ag-Mg 中間層材料が有用であることを示す重要なものである。

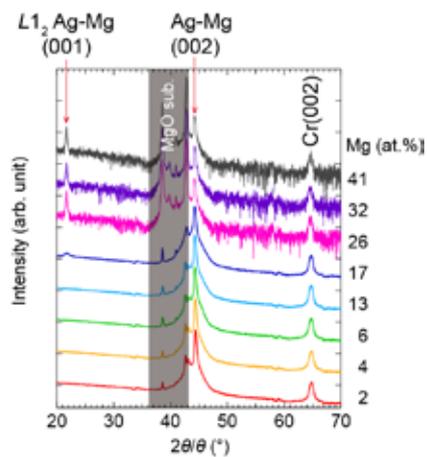


図1 Ag-Mg薄膜のX線回折パターンのMg組成依存性

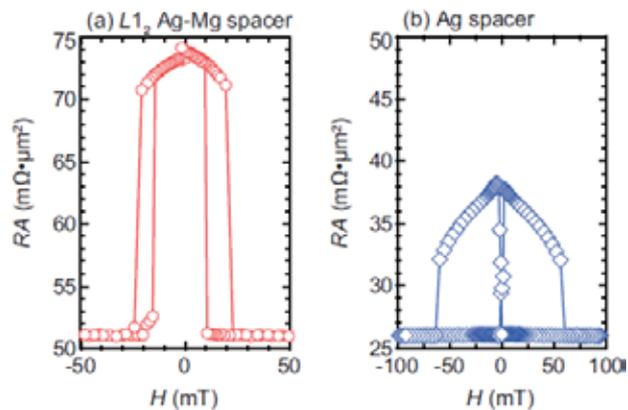


図2 $\text{Co}_2\text{Fe}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{Si}$ を電極とするCPP-GMR素子の磁気抵抗曲線。(a) Ag-Mg中間層材料を用いた素子。(b) Ag中間層材料(従来材料)を用いた素子。

2-3 新たな課題など

現在のところ、新たな課題は発生していない。

3. アウトリーチ活動報告

該当無し