

自己評価報告書

平成 23 年 5 月 25 日現在

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008 ～ 2011

課題番号：20360322

研究課題名(和文) ホイスラー合金電極を用いた CPP-GMR の研究

研究課題名(英文) Study of CPP-GMR using Heusler alloy electrodes

研究代表者

古林 孝夫 (FURUBAYASHI TAKAO)

独立行政法人物質・材料研究機構・磁性材料センター・主席研究員

研究者番号：80354348

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学、構造・機能材料

キーワード：磁性材料、スピントロニクス

1. 研究計画の概要

高記録密度磁気ハードディスクのための、高感度読み取りヘッドのための素子としては、現在数 100%に及ぶ磁気抵抗変化率を発現するトンネル磁気抵抗効果(TMR)素子について盛んに研究が行われている。しかしながら TMR 素子は絶縁体層を介した電気抵抗を利用するため電気抵抗が大きく、高密度化のために必要な高いデータ転送速度が得られない。これに対して金属層を介した電気抵抗を利用する面直磁気抵抗効果(CPP-GMR)は低抵抗ということで有利であるが、現時点では十分大きな磁気抵抗変化率が得られていない。本研究では、フェルミ面上での電子スピンの完全に分極していると期待されるホイスラー合金を磁性体電極として用いた CPP-GMR 構造を利用し、低い電気抵抗と高い磁気抵抗変化率を併せ持つ素子の実現を目指す。

2. 研究の進捗状況

本研究では高いスピン分極率を持つと期待されるホイスラー合金、 $\text{Co}_2\text{FeAl}_{1-x}\text{Six}$ (CFAS)、 $\text{Co}_2\text{MnGa}_{0.5}\text{Sn}_{0.5}$ (CMGG)、 $\text{Co}_2\text{FeGe}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}$ (CFGG)等を強磁性電極として、スピバルブ型及び擬スピバルブ型 CPP-GMR 素子を作製し、その MR 特性を調べた。

CPP-GMR を構成する要素としてスペーサ層の選択は重要である、本研究では電気的特性やホイスラー合金との良好な格子整合を考慮し Ag が適当であることを見いだした。

CFAS を用いた擬スピバルブ型素子に関して、室温で 34%、10K で 80%という高い MR 比を得た。2.5nm という非常に薄い膜厚について大きな MR が得られたことは、ヘッ

ドへの応用の観点から有望である。また、膜厚を変化させた測定から、スピン拡散長及び電気抵抗のスピン非対称性パラメータを評価し、界面散乱の寄与が大きいことが示された。また、 $\text{Co}_2\text{FeAl}_{1-x}\text{Six}$ における組成 x を変化させその MR への依存性を調べた。その結果 $x=1$ で最も大きな MR が得られるというバンド計算の予想 ($x=0.5$ が最適)とは反する結果が得られ、Al の添加による構造の乱れが MR 特性を劣化させるものと推測される。

これまで高いスピン分極率が報告されている CMGG 及び CFGG を用いた CPP-GMR 素子の作成と評価を行った。CMGG は熱処理時の層状構造の乱れが予想以上に大きく、これまでの材料を超える結果は得られなかった。これに対し CFGG を用いた場合室温で 40%、低温で 100%というこれまでで最大の MR 値を得ることが出来た。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

Ag をスペーサに用いたこと、及び CFAS、CFGG の合金選択が成功したことによって大きな磁気抵抗値を得ることが出来た。

4. 今後の研究の推進方策

(1) スピン分極率が高いと予想されているいくつかの合金系について CPP-GMR 素子を作成し高い磁気抵抗出力を得ることを目指す。

(2) スペーサ層として電気伝導狭窄層を用いて、これまで得たホイスラー合金による CPP-GMR 素子に適用・最適化することによりヘッド応用に適度な抵抗値を持つとともにさらに大きな磁気抵抗出力を得ることを

目指す。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

- (1) 高橋有紀子、A. Srinivasan、B. Varaprasad、A. Rajanikanth、中谷友也、長谷直基、葛西伸哉、古林孝夫、宝野和博、Large magnetoresistance in current-perpendicular-to-plane pseudospin valve using a $\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Ge}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})$ Heusler alloy, *Applied Physics Letters*, 98 巻、2011、152501、査読有。
- (2) 古林孝夫、小玉恒太、中谷友也、介川裕章、高橋有紀子、猪俣浩一郎、宝野和博、Structure and transport properties of current-perpendicular-to-plane spin valves using $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}$ and Co_2MnSi Heusler alloy, *Journal of Applied Physics*, 107 巻、2010、113917、査読有。
- (3) 中谷友也、古林孝夫、葛西伸哉、介川裕章、高橋有紀子、三谷誠司、宝野和博、Bulk and interfacial scatterings in current-perpendicular-to-plane giant magnetoresistance with $\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Al}_{0.5}\text{Si}_{0.5})$ Heusler alloy layers and Ag spacer, *Journal of Applied Physics*, 108 巻、2010、202501、査読有。
- (4) 古林孝夫、小玉恒太、中谷友也、高橋有紀子、猪俣浩一郎、宝野和博、Current-perpendicular-to-plane giant magnetoresistance of a spin valve using Co_2MnSi Heusler alloy electrodes, *Journal of Applied Physics*, 105 巻、2009、07C30、査読有。
- (5) 古林孝夫、小玉恒太、介川裕章、高橋有紀子、猪俣浩一郎、宝野和博、Current-perpendicular-to-plane giant magnetoresistance in spin-valve structures using epitaxial $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}/\text{Ag}/\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}$ trilayers, *Applied Physics Letters*, 93 巻、2008、122507、査読有。

[学会発表] (計 24 件)

- (1) 古林孝夫、中谷友也、H. S. Goripati、介川裕章、高橋有紀子、猪俣浩一郎、宝野和博、 $\text{Co}_2\text{FeAl}_{1-x}\text{Six}$ ホイスラー合金を用いた CPP-GMR 素子における MR の組成依存性、第 34 回日本磁気学会学術講演会。2010 年 9 月 7 日、つくば国際会議場 (つくば市)
- (2) 古林孝夫、中谷友也、H.S. Goripati、小

玉恒太、介川裕章、高橋有紀子、猪俣浩一郎、宝野和博、ホイスラー合金エビタキシャル膜を用いた CPP-GMR 素子、第 33 回日本磁気学会学術講演会、2009 年 9 月 12 日、長崎大学 (長崎市)

- (3) 古林孝夫、小玉恒太、中谷友也、介川裕章、高橋有紀子、R. Shan、W. Wang、猪俣浩一郎、宝野和博、Development of Heusler materials and high $\Delta R/R$ in CPP-GMR、IEEE International Magnetism Conference 2009、2009 年 5 月 7 日、Sacramento convention center (Sacramento, USA)
- (4) 古林孝夫、小玉恒太、H.S. Goripati、高橋有紀子、猪俣浩一郎、宝野和博、Interlayer exchange coupling in $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}/\text{Cr}/\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}$ trilayers, 53rd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials、2008 年 11 月 14 日、Hilton Austin, USA。
- (5) 古林孝夫、小玉恒太、介川裕章、高橋有紀子、猪俣浩一郎、宝野和博、Current-perpendicular-to-plane giant magnetoresistance in spin-valve structures using epitaxial $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}/\text{Ag}/\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}$ trilayers, 53rd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials、2008 年 11 月 13 日、Hilton Austin, USA。

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

- (1) 名称: Co_2 基ホイスラー合金とそれを用いたスピントロニクス素子
発明者: 高橋有紀子、アナアタクリシュナン、スリニバサン、ボラプラガタバラプラサド、アラナボルラジニカンス、シンハジェイヴァーダン、林将光、古林孝夫、宝野和博
権利者: (独)物質・材料研究機構
種類: 特許
番号: 特願 2011-002410
出願年月日: 2011 年 1 月 7 日
国内外の別: 国内
- (2) 名称: 磁性薄膜素子
発明者: 古林孝夫、小玉恒太、高橋有紀子、介川裕章、猪俣浩一郎、宝野和博
権利者: (独)物質・材料研究機構
種類: 特許
番号: 特願 2008-219619
出願年月日: 2008 年 8 月 29 日
国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ

http://www.nims.go.jp/apfim/kakenhiB_CP.P.html