

【基盤研究(S)】

理工系(工学I)



研究課題名 規則合金系ヘテロ接合における多彩な物理現象と スピンドバイス創製

東北大学・大学院工学研究科・教授 あんど う やすお
安藤 康夫

研究分野：応用物性・結晶工学

キーワード：スピントロニクス

【研究の背景・目的】

スピントロニクス研究領域において近年の成膜技術、微細加工技術などの急速な発展によりデバイス開発が加速化してきている。初期の強磁性トンネル接合(MTJ)は多結晶強磁性/アモルファス絶縁層/多結晶強磁性の構造であったが、近年ではフルエピタキシャル強磁性/絶縁体/強磁性接合の作製が可能となり、これまで複雑なデバイス構造においてあまり使用されてこなかった規則合金系材料を比較的容易に積層でき、多彩な物性を示す薄膜および多機能のデバイス作製が可能となってきた。

$L2_1$ 規則構造をもつホイスラー合金を用いた研究は、材料の多彩さにもかかわらず、最適な材料探索に関しては手探り状態であるという状況である。 $L1_0$ 規則合金においては、その高磁気異方性を用いて、次世代の微小磁気記録媒体、磁気メモリ素子等への応用が期待されている。特に磁気メモリ応用に関しては磁気異方性の大きさもさることながら、磁化反転に必要な電流の制限から、磁気緩和定数の小さい材料が求められている。これらを共に有する材料の開発は途についたばかりであり、更なる材料探索の観点からの研究が必要である。

本研究はこれまでの申請者らの薄膜作製技術、微細加工技術、およびスピンドバイス測定技術をさらに押し進め、以下に示す二段階のステージをマイルストーンとして研究を推進する。

【研究の方法】

(1) 規則合金の高品位化を行うとともに、積層界面において合金の本来有する理想的な物性発現のための新材料の探索、薄膜作製条件、積層構造の確立を行う。これらの結果、 $L2_1$ の規則合金を用いたデバイス構造における室温の高スピン分極率(90%以上)の実現、 $L1_0$ の規則合金における低磁気緩和定数(0.01以下)の実現を具体的な目標とする。

(2) 規則合金を含むヘテロ接合においては多くの組み合わせ、新規機能の発現の可能性があるが、本研究はその中でも $L2_1$ 、 $L1_0$ 合金薄膜の積層化による 10^7 erg/cc 以上の高磁気異方性、90%以上の高スピン分極率、0.01 以下の低磁気緩和定数の全てを同時に有するヘテロ構造の実現を目標とする。

(3) これらの後、上記素子を用いた高周波 (> 50 GHz)、高出力 (μ W 級) のスピン注入発振素子、および高速 (ns)、低電流 (10^5 A/cm² 台) によるスピン注入磁化反転素子、の開発を行う。

【期待される成果と意義】

現在のスピントロニクスデバイスの主流は CoFeB/MgO/CoFeB の構成の MTJ 素子である。この構造において、300%以上の TMR 比が得られることから、これを基本構造とする素子はハードディスクの読み出しヘッド、高密度不揮発性磁気メモリに応用されている。しかしながら、CoFeB はそもそもアモルファス構造であり、熱処理による準安定結晶構造をデバイスとして用いている欠点がある。その点において規則合金はもともと構造的に安定で長期間安定に特性を維持することができ、かつ動作環境の変化による特性変動に対して安定性を有していると考えられ、工学的観点からみて世の中にあたる影響は絶大である。

本研究は、将来のマイクロ波を用いた高速通信デバイスのキーテクノロジーとなり得る重要な技術となるばかりでなく、現在スピントロニクス分野におけるキーデバイスである、低電流かつ高速のスピン注入磁化反転の実現、に対する大きなブレークスルーであり、このようなイノベーション技術の開発の工業界への波及効果は絶大である。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

M. Oogane, T. Kubota, Y. Kota, S. Mizukami, H. Naganuma, A. Sakuma, and Y. Ando, Gilbert magnetic damping constant of epitaxially grown Co-based Heusler alloy thin films, Appl. Phys. Lett., 96 (2010) 252501-1-3.

T. Hiratsuka, G. Kim, Y. Sakuraba, T. Kubota, K. Kodama, N. Inami, H. Naganuma, M. Oogane, T. Nakamura, K. Takahashi, and Y. Ando, Fabrication of perpendicularly magnetized magnetic tunnel junctions with $L1_0$ -CoPt/Co₂MnSi hybrid electrode, J. Appl. Phys., 107 (2010) 09C714-1-3.

【研究期間と研究経費】

平成 24 年度 - 28 年度
167,800 千円

【ホームページ等】

<http://www.apph.tohoku.ac.jp/spin/>