

課題番号 : F-13-HK-0011
利用形態 : 機器利用
利用課題名 (日本語) : 超薄膜絶縁体を介したスピン注入
Program Title (English) : Spin injection of junctions with ultrathin insulator films
利用者名 (日本語) : 渡辺雄介¹⁾, 高橋望¹⁾, 長浜太郎²⁾
Username (English) : Y. Watanabe¹⁾, N. Takahashi¹⁾, T. Nagahama²⁾
所属名 (日本語) : 1) 北海道大学大学院総合化学院, 2) 北海道大学大学院工学研究院
Affiliation (English) : 1) Graduate School of Chemical Sciences and Engineering, Hokkaido University,
2) Graduate School of Engineering, Hokkaido University

1. 概要 (Summary)

近年のスピンロニクススの発展は目覚ましく、MRAM や STT-RAM などの新規デバイスが次々に開発されている。その中でも鍵となる技術は高スピン偏極電流の生成である。特に半導体への高効率スピン注入はスピントランジスタなどの新規スピndeデバイスに不可欠な要素技術である。これまでは主にアモルファス Al_2O_3 層を用いたスピン注入が行われていたが、 MgO トンネル接合の例にもあるように、結晶性を高めることによるコヒーレントトンネリングにより、スピン偏極率が大幅に増大される可能性がある。そこで、本研究テーマでは単結晶 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ を介した Si 中へのスピン流注入を目的とし、エピタキシャル $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 膜の作製とその電気伝導特性の評価を行った。

2. 実験 (Experimental)

本研究では反応性分子線エピタキシー法を用いて、Si(111)および Si(100)基板に $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ のエピタキシャル成長を試みた。特に Si(100)は多くのデバイスで用いられている基板であり、応用上重要である。成長時の基板温度など製膜パラメーターの最適化を行い、膜構造の評価を RHEED および AFM を用いて行った。さらに作製した接合を、北大オープンファシリティの超高精度電子ビーム描画装置により、ショットキー接合および非局所 4 端子測定用細線素子に微細加工し、電気特性などの評価を行った。また、 MgO 障壁を持つ微小 TMR 素子の作製も試みた。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

通常 Al_2O_3 を蒸着すると結晶構造を持たないアモルファス構造の薄膜が形成される。良好な結晶性を有する薄膜を形成するには、ある程度的高温が必要である。今回は Si(111)および Si(100)上の Al_2O_3 薄膜成長の基

板温度依存性および熱処理依存性を調べた。その結果、いずれの面方位に関しても 900°C 蒸着し、そのまま 900°C で 30 分程度のアニールを行った場合にもっとも平坦なエピタキシャル膜が得られた。そのようにして作製した薄膜の I-V 特性を評価したところ、明瞭なショットキー障壁に由来する整流特性が観測された。なお、Si/Fe という単純なショットキー接合からは障壁高さは 0.25eV 理想形数は 1.28 であり、妥当な値が得られた。

スピン注入シグナルの観測に関しては 3 端子法、4 端子非局所法をおこなった。4 端子方に関しては端子間の距離は最短で $0.5\ \mu\text{m}$ とした。磁場を垂直に印加したハンレシグナルの測定を試みたが、有意なスピン注入を示す結果は得られなかった。これは Si 基板のキャリア密度が $10^{16}\sim 10^{17}\text{cm}^{-3}$ と低かったためだと考えられる。

微小 MgO -TMR 素子においてはフェライトを含む素子において、 $0.1\times 0.2\ \mu\text{m}$ 素子で 70% の MR を得た。

4. その他・特記事項 (Others)

なし

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) 渡辺雄介、高橋望、長浜太郎、島田敏宏
第 37 回日本磁気学会学術講演会 平成 25 年 9 月 3 日
~6 日 講演番号 6aC-1

(2) 高橋望、平谷俊悟、長浜太郎、島田敏宏
第 37 回日本磁気学会学術講演会 平成 25 年 9 月 3 日
~6 日 講演番号 5aC-1

6. 関連特許 (Patent)

なし