

＊課題番号 : F-12-HK-0047  
 ＊支援課題名 (日本語) : CoFe/MgO/SC (SC=Si or Ge)ヘテロ接合におけるスピン輸送特性  
 ＊Program Title (in English) : Spin-dependent transport properties in CoFe/MgO/SC (SC = Si or Ge) heterojunctions  
 ＊利用者名 (日本語) : 植村哲也、Li Gui-fang, 藤澤潤、山本眞史  
 ＊Username (in English) : Tetsuya Uemura, Gui-fang Li, Jun Fujisawa, and Masafumi Yamamoto  
 ＊所属名 (日本語) : 北海道大学 大学院情報科学研究科  
 ＊Affiliation (in English) : Division of Electronics for Informatics, Hokkaido University

※概要 (Summary) :

近年、Si チャンネルや Ge チャンネルを有するスピントランジスタの実現に向け、強磁性電極から半導体へのスピン注入の研究が盛んに行われている。半導体スピン注入の評価法の一つとして、近年、3端子 Hanle 効果を用いた手法が広く用いられており、これまで、GaAs や Si、Ge など様々な半導体材料において報告がなされている。しかしながら、その多くの場合において、観測された Hanle 信号の大きさが、従来の理論から予想される値よりはるかに大きくなるのが問題となっている。Hanle 信号増大のメカニズムに関しては、未だ明らかになっておらず、トンネル障壁の構造や形成条件に対する Hanle 信号の影響を詳細に調べる必要がある。本研究では、CoFe/MgO/SC (SC=Si, Ge) におけるスピン蓄積信号の MgO 膜厚( $t_{\text{MgO}}$ )依存性を評価し、界面抵抗とスピン蓄積信号の大きさに相関があることを見出した。このことから、Hanle 信号増大の起源として、接合のトンネル抵抗が磁場により変調されることが考えられる。

※実験 (Experimental) :

高濃度にドーピングした n 型 Si 基板および n 型 Ge 基板上に、1 nm ~3 nm の MgO 傾斜膜および 10 nm の CoFe 強磁性電極をそれぞれ室温で成長した。50~250  $\mu\text{m}$  サイズの接合形状に加工し、3 端子 Hanle 効果を室温で評価した(図 1(a))。素子の加工には、北海道大学 ナノテク連携室の反応性イオンエッチング装置 (RIE-10NRV)を利用した。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

図 1(b)に  $t_{\text{MgO}} = 2.2 \text{ nm}$  の CoFe/MgO/Si 素子に対する 3 端子 Hanle 効果測定の結果を示す。観測された信号の大きさは予測される理論値に比べ、4 桁程度大きい値となり、これまで報告されている Hanle 信号の増大効果を再現した。さらに、Hanle 信号の  $t_{\text{MgO}}$  依存性の

評価から、Si 基板上の素子および Ge 基板上の素子ともに、Hanle 信号の大きさは界面のトンネル抵抗の大きさにほぼ比例することが明らかとなった。この結果は、従来のスピン注入の理論では説明できず、3 端子 Hanle 信号の起源は、接合のトンネル抵抗が外部磁場により変調されるためであることが示唆される。

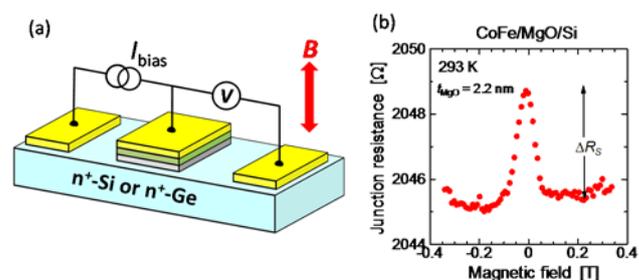


図 1 (a)デバイス模式図 (b) 3 端子 Hanle 信号

※その他・特記事項 (Others) :

今後は、微細加工を施したスピン注入素子を作製し、非局所 4 端子測定法により、Si や Ge へのスピン注入を実証する。

共同研究者等 (Coauthor) : なし

論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

1. T. Uemura, et al., Appl. Phys. Lett. **101**, 132411, 2012.
2. T. Uemura, et al., 2012 Int'l Conf. on Solid State Devices and Materials, p.1223, Kyoto, Japan, 2012.
3. G.-f. Li, et al., The 17<sup>th</sup> Int'l Conf. on Molecular Beam Epitaxy, p.5, Nara, Japan, 2012.

関連特許 (Patent) : なし