

課題番号 : F-13-HK-0020  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名 (日本語) : Co<sub>2</sub>MnSi/CoFe/n-GaAs 接合におけるスピン注入特性の CoFe 層挿入効果  
 Program Title (English) : Effect of CoFe insertion in Co<sub>2</sub>MnSi/CoFe/n-GaAs junctions on spin injection properties  
 利用者名 (日本語) : 蝦名優也, 秋保貴史, 劉 宏喜, 山本眞史, 植村哲也  
 Username (English) : Yuya Ebina, Takafumi Akiho, Hong-xi Liu, Masafumi Yamamoto, Tetsuya Uemura  
 所属名 (日本語) : 北海道大学大学院情報科学研究科情報エレクトロニクス専攻  
 Affiliation (English) : Division of Electronics for Informatics, Hokkaido University

### 1. 概要 (Summary)

近年、強磁性体/半導体ヘテロ構造における、スピン偏極した電子の注入と検出の研究が注目されている。我々は、ホイスラー合金 Co<sub>2</sub>MnSi (CMS) を強磁性体電極として用いた CMS/Co<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub> (CoFe) 挿入層/n-GaAs 接合を有するスピン注入素子において、比較的高いスピン注入効率を実証した。さらに、極薄 CoFe 挿入層が Mn 原子の GaAs 層への拡散を抑制し、スピン注入特性を向上させていることも見出した。

### 2. 実験 (Experimental)

試料層構造は半絶縁性 GaAs (001) 基板上に i-GaAs バッファ層 (250 nm), n<sup>-</sup>-GaAs (2.5 μm Si = 3 × 10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>), n<sup>+</sup>-GaAs (30 nm, Si = 5 × 10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>) を MBE 法により成長した。その上に、膜厚を 0 ~ 4.1 nm まで連続的に変化させた CoFe 層、および、厚さ 5 nm の Co<sub>2</sub>Mn<sub>1.30</sub>Si<sub>0.84</sub> 層を RF マグネトロンスパッタ法により室温で堆積し、400 °C でアニールを施した。その後、Ar イオンミリング、電子線リソグラフィ (ELS-7000HM), 反応性イオンエッチング (RIE-10NRV) 等を用いてスピン注入素子 (Fig. 1) に加工した。また、スピン信号は非局所四端子測定法により評価した。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig. 2(a), (b) はそれぞれ CMS/CoFe (1.3 nm)/n-GaAs 接合における、スピンバルブ信号と Hanle 信号であり、明瞭な信号が得られていることから、スピン注入が確認された。また非局所電圧変化量  $\Delta V_{NL}$  を注入電流量  $I$  で割った  $\Delta V_{NL}/I$  (スピン注入効率の大きさの指標) は、約 8 Ω となった。この値は、CoFe 単層電極を用いた場合のものに比べ 1 桁以上大きく、CMS の高スピン偏極材料としての有用性を示すものである。Fig. 2(c) に CMS/CoFe/n-GaAs 接合における、 $\Delta V_{NL}/I$  の CoFe 膜厚 ( $t$ ) 依存性を示す。 $\Delta V_{NL}/I$  は  $t$  に大きく依存し、 $t = 1.3$  nm で最大値をとるのに対し、 $t = 0$  では明瞭なスピン

信号が観測されなかった。SIMS 分析から、CMS 中の Mn 原子が GaAs 層中へ拡散し、スピン注入特性を劣化させていることがスピン注入特性劣化の原因であることがわかった。

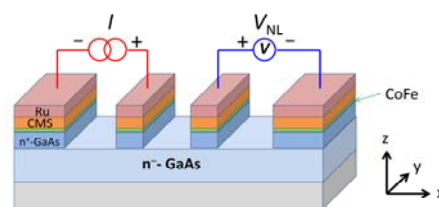


Fig. 1. Schematic structure of a spin injection

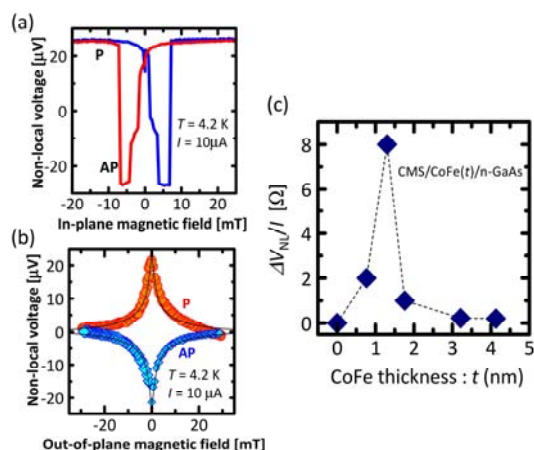


Fig. 2. (a) Spin-valve signal and (b) Hanle signal observed for a CMS/CoFe (1.3 nm)/n-GaAs junction. (c) CoFe thickness ( $t$ ) dependence of  $\Delta V_{NL}/I$  for CMS/CoFe( $t$ )/n-GaAs junctions.

### 4. その他・特記事項 (Others)

本研究の一部は JSPS 科研費 25286039 の助成を受けた。

### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- Y. Ebina *et al.*, 58<sup>th</sup> Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials
- Y. Ebina *et al.*, 2014 年第 61 回応用物理学会春季学術講演会
- Y. Ebina, T. Akiho, H.-x. Liu, M. Yamamoto, and T. Uemura, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 104, 172405 (4pp) (2014)