

課題番号 : F-19-IT-0021
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : MnGa 垂直磁化膜を用いた横型スピバルブデバイスの作製
 Program Title (English) : Fabrication of lateral spin-valve devices with perpendicularly magnetized MnGa
 利用者名(日本語) : 長南光貴¹⁾, ファムナムハイ¹⁾
 Username (English) : Koki Chonan¹⁾, Pham Nam Hai¹⁾
 所属名(日本語) : 1) 東京工業大学 工学院 電気電子系
 Affiliation (English) : 1) Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Tech.
 キーワード/Keyword : スピントランジスタ、スピバルブ、形状・形態観察

1. 概要(Summary)

スピン電界効果トランジスタは出力電流がゲート電圧とソースドレイン強磁性電極の相対磁化方向に依存するため、ニューラルネットワーク積和演算回路への応用が期待されている。スピン電界効果トランジスタの実現には強磁性電極から半導体チャネルへの高効率スピン注入が必須であるが、スピン注入効率の指標となる MR 比は Si を用いた横型スピバルブ構造では 3.6%しか得られていない。本研究では MR 比のさらなる向上を図り、垂直磁気異方性を持つ MnGa をソースドレインに用いて移動度の高い GaAs チャネルを有する横型スピバルブ構造を作製し、その電気・磁気特性を評価した。その結果、横型スピバルブ構造において世界最大の MR 比 12%が得られた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

走査電子顕微鏡

【実験方法】

分子線エピタキシー法により半絶縁体 GaAs 基板上に GaAs:Se チャネル層と MnGa 強磁性層を成膜した。次に電子線リソグラフィと電子線蒸着によってハードマスクを作製し、イオンミリングを用いて MnGa 強磁性層をソースとドレインに分離することによって GaAs チャネルを形成した。作製した横型スピバルブデバイスのスピン依存伝導特性を評価するとともに、走査型電子顕微鏡を用いて GaAs チャネルの長さを観察した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Figure 1(a)に示すような 600 nm の GaAs チャネルを有する横型スピバルブデバイスにおいて、Figure 1(b)に示すように 12%の MR 比が得られた。この値は強磁性金属/半導体/強磁性金属から構成される横型スピバルブ

構造において世界最高値である。MnGa は強い垂直磁気異方性を有することや寄生抵抗の定量的解析から、観測された MR 信号は MnGa 強磁性電極における異方性磁気抵抗効果または MnGa/GaAs ショットキー障壁におけるトンネル異方性磁気抵抗効果ではなく、スピバルブ効果に由来することが確認できた。

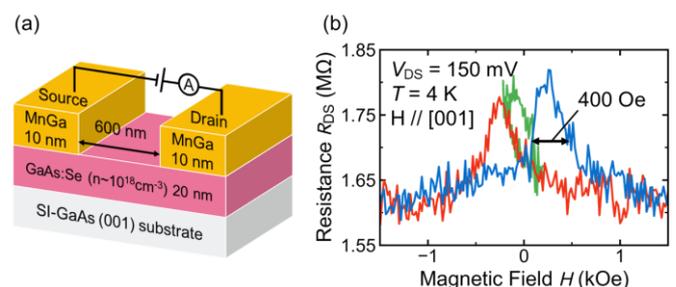


Fig. 1. (a) Schematic structure of the lateral spin-valve device with MnGa electrodes and a 600 nm long GaAs channel. (b) MR characteristics obtained at 4 K with $V_{DS} = 150\text{mV}$ while applying a magnetic field H perpendicular to the film plane. The green line is a minor loop.

4. その他・特記事項(Others)

本研究は科研費「基盤研究(B)」(No. 18H01492)、JST CREST「量子技術」研究領域 (No. JPMJCR1777) から支援を受けた。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) K. Chonan, N. H. D. Khang, M. Tanaka, and P. N. Hai, 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials, Sept. 2019
- (2) K. Chonan, N. H. D. Khang, M. Tanaka, and P. N. Hai, Jpn. J. Appl. Phys. Accepted. <https://doi.org/10.7567/1347-4065/ab5b31>

他の国内発表: 1件

6. 関連特許(Patent)

なし。