

MnAs スピン注入源を用いた横型スピバルブ構造の作製と評価

Fabrication and evaluation of lateral spin-valve devices using MnAs spin injector

東工大¹, 東大工² ◦山根 慶大¹, 八尾 健一郎¹, 田中 雅明², ファム ナム ハイ^{1,2}

Tokyo Tech.¹, Univ. Tokyo², ◦Keita Yamane¹, Kenichiro Yao¹, Masaaki Tanaka², Pham Nam Hai^{1,2}

E-mail: yamane.k.ac@m.titech.ac.jp

スピン MOSFET は、ソースとドレイン電極に強磁性体を用い、その磁化方向を制御することによって出力を変えられるトランジスタである。磁性体による不揮発性とゲート電極による高速スイッチングを併せ持つ次世代トランジスタとして注目を集めている。スピン MOSFET の実現には強磁性体から半導体への高効率なスピン注入が必要不可欠であるが、近年まで横型スピバルブ構造における MR 比は 0.1% 以下と小さいものしか報告されていなかった。我々は Fe/MgO/Ge を用いた Si ナノスケールチャネルのスピバルブ構造において MR 比が 3% と従来と比較して大きな値を持つデバイスの作製に成功した[1]。本研究では更なる MR 比向上のため、半導体チャネルに移動度の高い III-V 族半導体 GaAs、およびスピン注入源に良質な界面を実現できる MnAs を用いたナノスケールチャネル横型スピバルブデバイスを作製し、更に大きな MR 比 4% を観測した。図 1(a) に、本研究で作製した横型スピバルブ構造を示す。MBE を用いて GaAs 基板上に Si 高ドープ(電子濃度 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$) 200 nm GaAs 半導体チャネルと 15 nm MnAs 強磁性薄膜を成膜し、電子線描画装置とイオンミリング装置によって約 20 nm の GaAs チャネルを作製した。図 1(b) に本研究にて観測できた磁気依存抵抗のグラフを示す。Si 横型スピバルブ構造における MR 比を超える 4% の大きな MR 比とマイナーループが確認でき、また MR の磁場角度依存性の結果から、この磁気抵抗効果はスピバルブ効果であるといえる。このデバイスの電流-電圧特性はほぼ直線的であり、MnAs/GaAs 界面がオーミック接触にもかかわらず大きな MR 比が観測できるのは、ナノチャネルにおいて電子がバリスティックに伝導していることが考えられる[2]。図 1(c) に、MR 比の温度依存性を示す。温度が上昇すると MR 比が 35 K で消滅した。その原因として、GaAs ナノチャネルでのバリスティック伝導が 35 K で失われたためと考えられる。

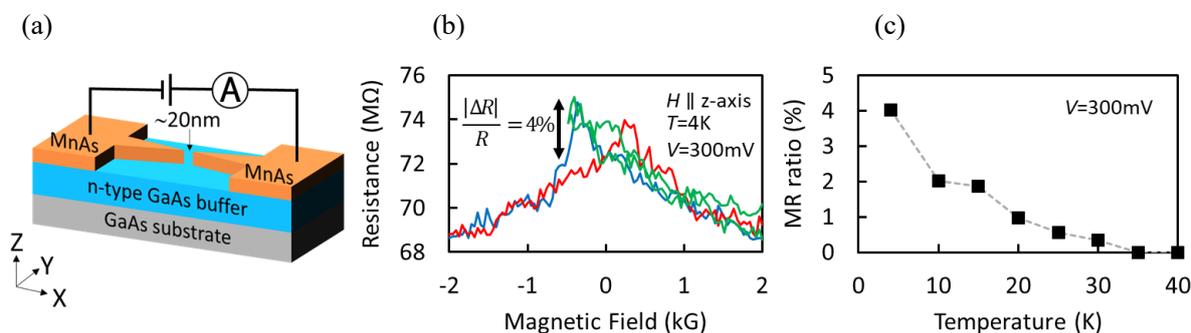


Fig.1. (a) Schematic spin-valve device structure with MnAs source/drain and a GaAs nanoscale channel. (b) Magnetoresistance characteristics of a device measured at 4K with a bias voltage of 300mV. The green line is minor loop. (c) MR ratio as a function of temperature.

[1] D. D. Hiep, M. Tanaka, and P. N. Hai, J. Appl. Phys. 122, 223904 (2017).

[2] P. N. Hai, Y. Sakata, M. Yokoyama, S. Ohya and M. Tanaka, Phys. Rev. B 77, 214435 (2008).