

GaAs における四端子非局所スピバルブ信号と Hanle 信号のゲート制御

宮川拓望, 秋保貴史, 蝦名優也, 山本眞史, 植村哲也
(北海道大学)

Gate control of spin-valve signal and Hanle signal in GaAs observed by a four-terminal nonlocal geometry

T. Miyakawa, T. Akiho, Y. Ebina, M. Yamamoto, and T. Uemura,
(Hokkaido Univ.)

はじめに

スピントランジスタをはじめとする半導体スピ機能デバイスの実現には、強磁性体電極から半導体へのスピ注入、および、チャンネル中を伝導するスピ偏極電流のゲート制御が必須である。スピ注入に関してはこれまで盛んに研究がなされ、Si や GaAs, Ge などさまざまな半導体チャンネルにて実証がなされている。一方、ゲート制御に関しては三端子 Hanle 効果測定により観測される強磁性体電極直下へのスピ蓄積信号のゲート制御が報告されている[1]ものの、半導体チャンネル中を伝導するスピ偏極電流により生成されるスピ信号のゲート制御に関する報告例はない。今回、我々は GaAs チャンネルにおける四端子非局所スピバルブ信号および Hanle 信号のゲート制御を実証したので報告する。

実験方法

p 型 GaAs (001) 基板上に p-GaAs バッファ層 ($Be = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, 250 nm), ud-Al_{0.3}Ga_{0.7}As (50 nm), n⁻-GaAs (Si = $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 700 nm), n⁺-GaAs (Si = $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, 30 nm), Fe (10 nm) を MBE 法により成長した。その後、Ar イオンミリング, EB リソグラフィ等を用いて p-i-n 接合型バックゲートを有する横型スピ輸送デバイスに加工した。Fig. 1 に示すように、電極 1, 3 間に一定の電流 (I_{bias}) を流し、電極 2, 4 間の電圧 (V_{NL}) を計測する cross nonlocal 配置にて、スピバルブ信号と Hanle 信号のゲート電圧 (V_G) 依存性を 77 K にて測定した。 V_G は接地された電極 3 を基準に、p 型バックゲートに印加した。

結果と考察

Fig. 2 に、 $I_{\text{bias}} = 20 \mu\text{A}$, $V_G = 0, -1.5, -2.5 \text{ V}$ のときのスピバルブ信号と Hanle 信号を示す。 $I_{\text{bias}} > 0$ のとき、スピ偏極電子は電極 3 から n-GaAs に注入される。 Fig. 2 に示すように、スピバルブ信号および Hanle 信号の大きさは V_G により明瞭に変化しており、このことから、GaAs チャンネルを流れるスピ偏極電流のゲート変調が実証された。スピ注入の標準的なモデルによれば、スピバルブ信号の変化量 (ΔV_{NL}) はチャンネルのシート抵抗 (ρ_{sh}) に比例する。しかしながら、今回の結果では、 V_G を 0 から -2.5 V まで変化させた時に、 ρ_{sh} はおよそ 5 倍となったのに対して、 ΔV_{NL} はおよそ 2 倍となり、両者は一致しなかった。このことは、 ΔV_{NL} の V_G による変化は単に ρ_{sh} の変化だけでは説明できず、その他の要因、例えば、スピ注入効率が V_G により変化することなども考慮する必要があることを示唆している。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 25286039 の助成を受けて行われた。

1) Y. Ando et al., APL **99**, 132511 (2011).

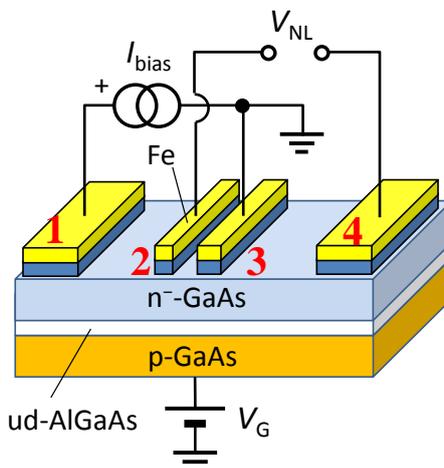


Fig. 1. Schematic device structure and circuit configuration.

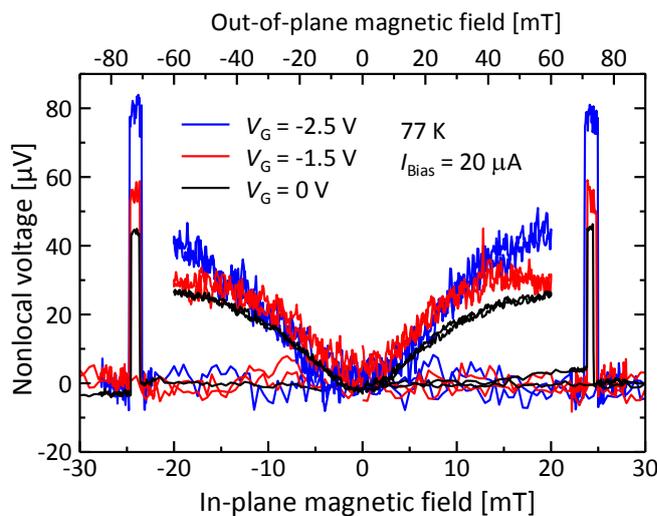


Fig. 2. Spin-valve signals and Hanle signals at $I_{\text{bias}} = 20 \mu\text{A}$ for $V_G = 0, -1.5, \text{ and } -2.5 \text{ V}$.