

# 反平行磁化配置が不安定なゲルマニウム横型スピバルブ素子における非局所スピ伝導

沖宗一郎<sup>1</sup>、山田道洋<sup>1</sup>、山田晋也<sup>1,2</sup>、澤野憲太郎<sup>3</sup>、浜屋宏平<sup>1,2</sup>

(1 阪大基礎工, 2 阪大基礎工スピントロニクスセンター, 3 東京都市大)

Nonlocal spin signals in Ge-based lateral spin valves with unstable anti-parallel magnetic configuration

S. Oki<sup>1</sup>, M. Yamada<sup>1</sup>, S. Yamada<sup>1,2</sup>, K. Sawano<sup>3</sup>, K. Hamaya<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>Osaka Univ., <sup>2</sup>Center for Spintronics Research Network, Osaka Univ., <sup>3</sup>Tokyo City Univ.)

## 【はじめに】

一般的に、半導体へのスピ注入を実証する時に用いられる横型スピバルブ素子では、用いる強磁性体の物性によって反平行磁化配置を作ることが容易でないものもある。我々のこれまでの研究で、Fe<sub>3</sub>Si という 2 元ホイスラー合金をスピ注入/検出電極として用いた半導体横型スピバルブ素子では、反平行磁化配置を作ることが難しく、スピ伝導の評価が難しかった[1]。本研究では、最近我々がスピ伝導特性を明らかにした Ge をチャンネル材料として、この Fe<sub>3</sub>Si を注入電極とした横型スピバルブ素子のスピ伝導評価を行う。

## 【実験方法および結果】

n-Ge( $n \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ )/Si(111)上に MBE 法で膜厚 10 nm の Fe<sub>3</sub>Si 薄膜[2]を作製し、電子線描画と Ar<sup>+</sup>ミリングを用いて Fig.1 (a)の横型スピバルブ素子へと加工した[3]。Fig.1 (b)に 8 K で測定した非局所磁気抵抗信号を示す。従来と同様に、緩やかな抵抗変化を伴った信号が観測された[1]。この信号は温度の上昇とともに減衰し、 $\sim 150 \text{ K}$  で消失した。Fig.1 (c)には、平行磁化配置における非局所 Hanle 信号(黒点)を示す。平行磁化配置を実現するために、y 軸方向に磁場( $H_y$ )を 300 Oe 印加し、 $H_y$ をゼロにした後に Hanle 信号を測定した結果である。この平行配置の Hanle 信号の解析から、n-Ge のスピ緩和時間は $\sim 0.2 \text{ ns}$  と見積もられ、これまでの我々の報告[3]と一致していることから、観測されている信号はスピ信号であると判断される。観測された Hanle 信号の大きさは、(b)に示されたスピ信号の大きさとほぼ同じであることから、(b)で観測されている信号強度は、反平行磁化配置を実現していない状態で出現しているスピ信号であると判断される。次に、 $H_y$ を変化させて Hanle 信号を測定したところ、信号強度に明瞭な変化が見られた。これは、Fe<sub>3</sub>Si スピ注入電極と検出電極間の磁化配置が、(b)から予想される通り、緩やかに磁化回転的に変化しているため、反転途中の磁化状態で留まっている時の Hanle 信号を測定できていることを示している。同様の挙動は、Si スピバルブ系の実験でも既に報告されている[4]。

本研究は、科研費基盤研究(A)(16H02333)・科研費基盤研究(S)(17H06120)の補助を受けた。

## 参考文献

- [1] Y. Ando *et al.*, *App. Phys. Lett.* **94**, 182105 (2009); *Appl. Phys. Express* **3**, 093001 (2010).
- [2] K. Hamaya *et al.*, *Phys. Rev. B* **83**, 144411 (2011).
- [3] M. Yamada *et al.*, *Phys. Rev. B* **95**, 161304(R) (2017).
- [4] O. M. J. van 't Erve *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **91**, 212109 (2007).

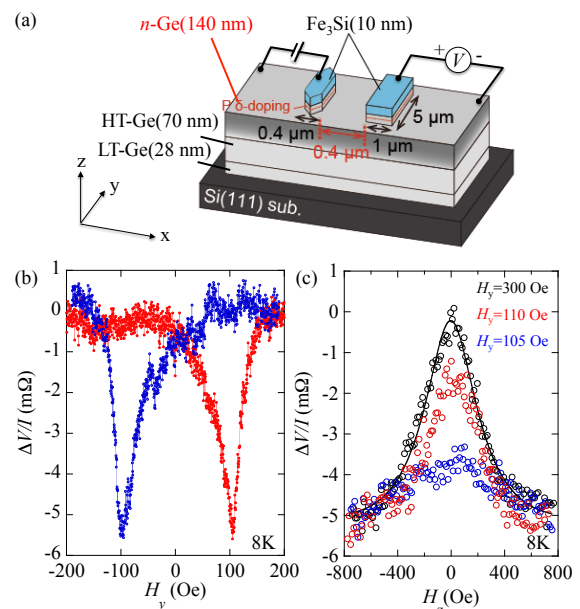


Fig.1 (a) Illustration of the fabricated lateral spin-valve device. (b) Nonlocal spin signal and (c) nonlocal Hanle signals, at  $I = -1 \text{ mA}$ , 8K. The black solid curve shows the fitting curve using one-dimensional spin-drift diffusion model.