

強磁性体/半導体スピン素子におけるスピン蓄積信号の 非線形バイアス依存性

藤田裕一¹, 山田道洋¹, 塚原誠人¹, 内藤貴大¹, 山田晋也^{2,1}

澤野憲太郎³, 浜屋宏平^{2,1}

(¹阪大基礎工, ²阪大基礎工 CSRN, ³都市大総研)

Nonlinear bias dependence of spin accumulation signals in ferromagnet/semiconductor devices

Y. Fujita, M. Yamada¹, M. Tsukahara¹, T. Naito¹, S. Yamada^{2,1}, K. Sawano³, K. Hamaya^{2,1}

(¹Grad. Sch. Eng. Sci., ²CSRN, Osaka Univ., ³Advanced Research Laboratories, Tokyo City Univ.)

我々は、強磁性ホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}$ (CFAS)と半導体 Ge のヘテロ界面を有する横型スピンバルブ素子を用いて、スピン信号を室温で取得することに成功している[1, 2]が、その2端子磁気抵抗(MR)比は未だ小さい[3]。一方、半導体スピン素子における2端子MR信号に関するこれまでの研究では、バイアス電圧印加によりスピンドリフト効果が増大することでスピン信号が増強されると報告されてきたが[4]、最近の詳細な研究では、スピン検出電極側の非線形なスピン変換効率を考慮することが重要であるとの指摘もある[5]。本研究では、半導体横型スピンバルブ素子において2端子MR信号のバイアス依存性を詳細に評価した結果、バイアス電圧に対してスピン蓄積電圧(ΔV_L)が非線形に変化する現象を観測したので報告する。

Fig.1(a)に示すような CFAS(FM)/*n*-Ge 横型スピンバルブ素子を作製し、2つの FM 端子間に直流電流(I)を印加することでスピン信号を測定した。Fig.1(b)には、様々な印加電流下でのスピン蓄積電圧(ΔV_L)信号を示す。興味深いことに、 I の極性が同符号の条件であっても、スピン信号の符号が反転する現象が観測されている。ここで、電極間距離の異なる別々の素子を Device A, Device B とし、 ΔV_L と I の関係をまとめたのが Fig. 1(c)である。 ΔV_L は Fert と Jaffrès のモデル[6]にあるような I に対する単調な変化を示すのではなく、 $\sin$ カーブのような非線形な変化を示している。また、 $I > 0$ ($I < 0$)の領域でも負(正)の ΔV_L が観測されている[7]。このことは、半導体スピン素子における2端子スピン信号が、印加電流 I のみで記述できるものではなく、何らかの効果が重畳されて非線形性を発現したことを示唆している。

講演では、同じ素子で測定される非局所4端子スピン信号を詳細に考察することに加え、スピン検出電極側のスピン検出電極側の非線形なスピン変換やスピンドリフトの影響などを併せて議論し[7]、上記の現象を定性的に理解する。

本研究の一部は、JSPS 科研費(Grant No. 16H02333, 17H06832, 17H06120, 18J00502)の支援を受けた。

参考文献

- [1] M. Yamada *et al.*, Appl. Phys. Express **10**, 093001 (2017).
- [2] K. Hamaya *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **51**, 393001 (2018).
- [3] M. Tsukahara *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 033002 (2019).
- [4] T. Sasaki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **98**, 262503 (2011).
- [5] R. Jansen *et al.*, Phys. Rev. Appl. **10**, 064050 (2018).
- [6] A. Fert and H. Jaffrès, Phys. Rev. B. **64**, 184420 (2001).
- [7] Y. Fujita *et al.*, (submitted).

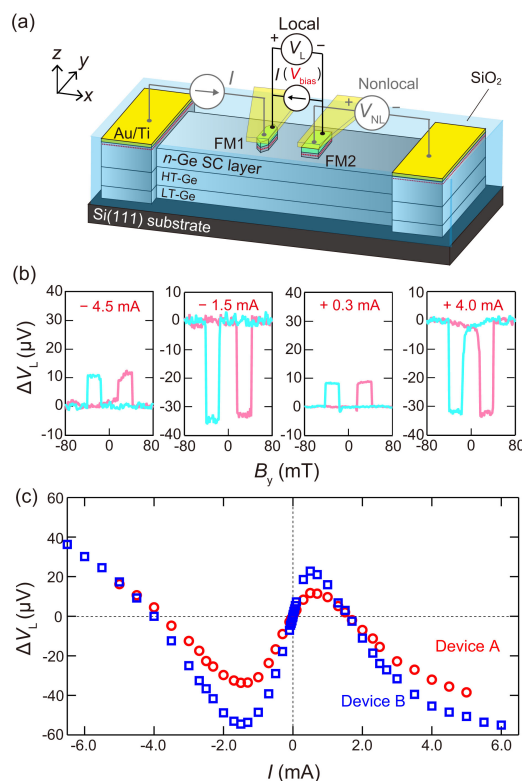


Fig. 1. (a) Schematic illustration of a lateral ferromagnet/semiconductor device. (b) Local spin accumulation signals at 8 K at various I for devices A. (c) Bias I dependence of ΔV_L at 8 K for devices A (open circles) and B (open squares).