

p 型 Ge への室温スピン注入と逆スピンホール効果の観測

Spin injection and observation of the inverse spin Hall effect in p-type Ge at room temperature

大阪大基礎工¹, 九大・院システム情報² ○小池 真利子¹, 仕幸 英治¹, 安藤 裕一郎¹,
新庄 輝也¹, 山田 晋也², 浜屋 宏平², 白石 誠司¹

Graduate School of Eng. Sci., Osaka Univ.¹, Dept. Electronics, Kyushu Univ.²,

○Mariko Koike¹, Eiji Shikoh¹, Yuichiro Ando¹, Teruya Shinjo¹, Shinya Yamada², Kohei Hamaya²,
Masashi Shiraishi²

E-mail: koike@semi.ee.es.osaka-u.ac.jp

[はじめに] p 型 Ge は p 型 Si より高い移動度を有するため CMOS への応用が期待されていると同時にスピントロニクスへの展開にも注目が集まっている。p 型 Ge チャネルを用いたスピンデバイスの実現には室温でのスピン注入と p 型 Ge 中のスピンの輸送特性の理解が必須である。本研究では動力的手法を用いて p 型 Ge への室温スピン注入に成功し、p 型 Ge のスピンホール角を評価したので報告する。

[実験方法] 図 1 に示すような「Ni₈₀Fe₂₀/p 型 Ge(B-doped Ge)」の構造を作製した。p 型高ドープ層(100 nm)はイオンインプランテーションにより作製した。Ni₈₀Fe₂₀ の強磁性共鳴(FMR)下で、Ni₈₀Fe₂₀ の局在スピンから伝導電子へスピン角運動量が移行される。これにより p 型 Ge へスピンプンピングが引き起こされに純スピン流が生成される。生成された純スピン流は p 型 Ge の有するスピン軌道相互作用により電荷電流へ変換され起電力が生じる。測定された電圧は

$$V = V_{\text{ISHE}} \frac{\Gamma^2}{(H - H_{\text{FMR}})^2 + \Gamma^2} + V_{\text{AHE}} \frac{-2\Gamma(H - H_{\text{FMR}})}{(H - H_{\text{FMR}})^2 + \Gamma^2}$$

なる式を用いてフィッティングし、逆スピンホール効果による電圧 V_{ISHE} を得[1]、スピンホール角を算出した。

[実験結果] 図 2 にマイクロ波のパワーが 200 mW の下での室温における FMR スペクトルと出力電圧を示す。フィッティングにより外部磁場 $\theta_{\text{H}} = 0^\circ$ における V_{ISHE} は 13.5 μV とな

り、この値より算出したスピンホール角は 9.6×10^{-4} であった[2]。外部磁場の向きを反転させると出力電圧の向きも反転したことより得られた起電力は p 型 Ge 中の逆スピンホール効果によると結論された。得られたスピンホール角は p 型 Si($N_{\text{D}} = 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)のスピンホール角[3]より約 1 桁大きい値となった。[参考文献] [1] E. Saitoh, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **88**, 182509 (2006). [2] M. Koike *et al.*, arXiv1212.3089. [3] K. Ando, and E. Saitoh, Nature Commun. **3**, 629 (2012)

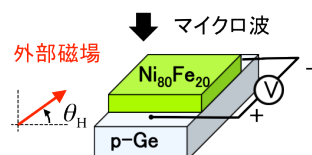


図 2 サンプル構造と実験の概略

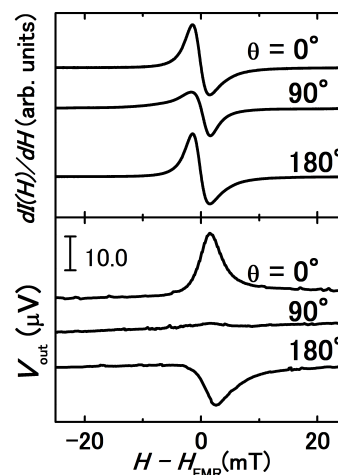


図 2 (上)FMR スペクトル (下)出力電圧