

非縮退 n 型 Si チャンネルを用いたジュール熱由来の磁気抵抗効果測定 Observation of Joule-heating-induced spin magnetoresistance in non-degenerate n-type Si

○山下 尚人¹、亀野 誠^{1,2}、安藤 裕一郎¹、小池 勇人³、
佐々木 智生³、鈴木 義茂²、白石 誠司¹

(1. 京大院工、2. 阪大院基礎工、3. TDK 株式会社)

○N. Yamashita¹, M. Kamen², Y. Ando¹, H. Koike³, T. Sasaki³, Y. Suzuki², M. Shiraishi¹
(1.Kyoto Univ., 2.Osaka Univ., 3.TDK Corporation)

E-mail: yamashita.naoto.64r@st.kyoto-u.ac.jp

電子の持つ電荷だけでなくスピン角運動量を利用したスピントロニクスデバイスの創出が期待されている。近年、スピンゼーベック効果[1]や熱エネルギーによるスピン流生成[2]など、熱を利用した新奇物性が報告されている。これらの報告は非磁性体に金属を用いたものについては多くあるが、半導体シリコン(Si)を用いたものに関しては極めて少ない。Si はこれまでエレクトロニクスの発展を担ってきた材料であるため、集積回路デバイスの製造設備が充実しており、これらに応用してスピントロニクスデバイスを作製できる。さらに、スピン軌道相互作用が弱く核スピンのゼロであるため、スピンコヒーレンスがよい。したがって、Si はスピントロニクスにおいて重要な材料である。前回、ジュール熱により強磁性体から縮退 Si へのスピン注入および輸送を報告した。しかし、Si スピントロニクスの応用のためには、非縮退チャンネルを用いる必要がある。そこで、本研究では非縮退 Si チャンネルへ熱によるスピン注入が可能であるか調べた。

ドーピング密度 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の P ドープ n 型 Silicon-on-Insulator 基板上に、強磁性金属電極として鉄(Fe)を、非磁性電極としてアルミニウム(Al)を蒸着した。なお、強磁性電極直下には酸化マグネシウム(MgO)を 0.8 nm 堆積した。測定回路の模式図とあわせて Figure 1 に示す。交流電流と直流バイアスを注入側の回路に印加し、局所 3 端子測定を行った。ジュール熱由来のスピン信号は Si と Fe との界面を流れる電流の 2 乗に比例する。したがって、印加した交流電流の第 2 次高調波成分を測定すれば、電気的注入によるスピン信号を排除することができ、ジュール熱に関する信号のみが得られる[2]。

第 2 次高調波成分の局所磁気抵抗効果を測定した結果、実際にスピン信号が観測できた。この結果を Figure 2 に示す。これより、非縮退 Si 中で熱によるスピンの注入に成功し、スピン信号を観測することができた。

[参考文献] 1. K. Uchida, *et al.*, Nature **455**, 778-781 (2008). 2. A. Slachter, *et al.*, Nat. Phys. **6**, 879-882 (2010)

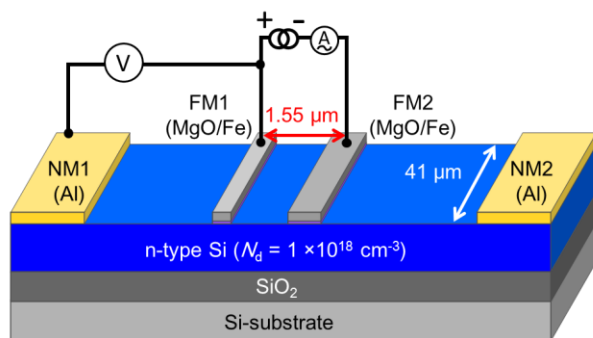


Fig. 1: Schematic image of a sample structure and measuring method

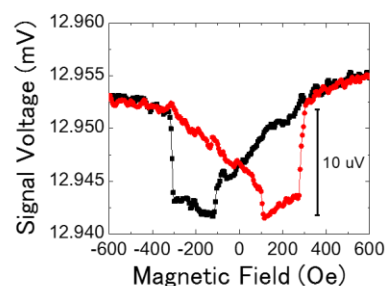


Fig. 2: AC current dependence of the 2nd harmonic spin signals