

平成 27 年 3 月 31 日

プログラム名：無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現

PM 名：佐橋 政司

プロジェクト名：スピン FET プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 ( 成 果 )

平成 26 年度

研究開発課題名：

低 RA・高スピン偏極ソース/ドレイン電極の開発

研究開発機関名：

大阪大学 大学院・基礎工学研究科

研究開発責任者

浜屋 宏平

## 当該年度における計画と成果

### 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

大阪大学では、高スピン偏極特性の予想される  $\text{Co}_2\text{FeSi}$ ,  $\text{Co}_2\text{FeAl}$ , および  $\text{Co}_2\text{FeSi}_x\text{Al}_{1-x}$  などを非縮退系 Ge チャンネル上に高品質形成し、チャンネルへの確実なスピン注入・検出を室温で実証することを目指している。これまで、ホイスラー合金  $\text{Co}_2\text{FeSi}$  をスピン注入源として、非縮退系 Ge へのスピン注入・輸送・検出の効率として約 12% というデータを取得している [Appl. Phys. Exp. 7, 033002 (2014)] が、室温(300K 以上)での実証には至っていない。この原因としては、チャンネルおよび強磁性/半導体接合界面付近の不純物(Sb: アンチモン)によるスピン散乱の影響が大きいと考えている。そこで、「チャンネルおよび接合界面近傍の不純物元素の変更」と「微細加工プロセスの再検討」により改善を図る必要がある。

26 年度は、低スピン緩和(長距離スピン輸送)が期待されるチャンネルおよび界面付近の不純物として P(リン)を採用し、チャンネル膜厚を 50 nm 以下、界面付近のデルタドーピング層を 5 nm 程度に制御した横型スピン素子を試作し、高効率スピン伝導の実証のための基盤技術の開発を検討する。また、これまでの研究で用いてきた横型素子の微細加工プロセスは、主としてドライエッチングプロセスであったため、半導体チャンネルへのダメージを回避できないという問題があり、スピン輸送特性の悪化やトップゲートプロセスへの悪影響を招いていた。そこで 26 年度は、横型スピン素子の加工プロセスを改訂し、微細構造に耐えうるウェットエッチングプロセスの開発やチャンネル層のキャップの効果などを検討する。

### 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

#### 2-1 進捗状況

本年度は、これまで検討してきた Sb(アンチモン)と比較してスピン緩和を抑制する可能性がある P(リン)をドーパントとした Ge へのデルタドーピングを検討し、従来と同等レベルのドーピングに成功した。また、 $\text{Co}_2\text{FeSi}$  や  $\text{Co}_2\text{FeAl}$  を電極とする横型スピン素子構造へと微細加工し、素子としての界面抵抗を評価するところまで進んでいる。実際のスピン伝導素子を考慮した場合、更なる低 RA 化が必要であること、スピン伝導観測の為にチャンネル領域にはゲート電圧印加による低抵抗化が必須であること等が判った。

#### 2-2 成果

共同研究先である東京都市大学の研究グループで開発中の GaP 固体ソースの熱分解を利用した P ドーピング手法により、CFA/Ge 界面付近に  $\sim 1 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$  程度の P をデルタドーピングした界面の評価を行った。図 1 に、P をデルタドーピングした CFA/Ge 界面の I-V 特性と、従来の Sb をデルタドーピングした界面、およびデルタドーピング無しの界面を有する素子の I-V 特

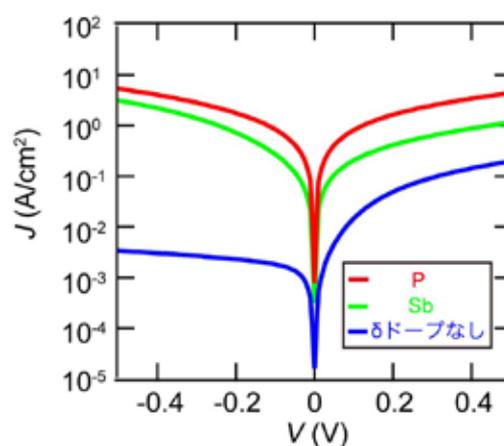


図 1. CFA/Ge 界面における P ドーピングの効果。

性を示す。ドーパントが Sb から P に変わっても、これまでとほとんど遜色無いトンネル伝導特性が得られていることから、Ge 中にデルタドーピングされた P の活性化に成功しているものと言える。ただし、今回作製した素子から RA 値を見積もると約  $10^4 \Omega \mu\text{m}^2$  であり、この値は ImPACT プロジェクトで目指す低 RA 値  $10 \Omega \mu\text{m}^2$  と比較して未だ 3 桁大きな値である。更なる低 RA 化には、素子の微細化で 2 桁程度の低 RA 化を実現できることを考慮しても、あと 1 桁程度の RA 値の低減を目指すドーピングを施す必要があり、現在検討中である。

### 3. アウトリーチ活動報告

該当なし。