

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム
2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

山田 道洋

大阪大学 大学院基礎工学研究科
特任准教授

革新的スピン注入技術を用いた縦型半導体スピン素子の創成

研究成果の概要

情報通信を駆使し、すべてのモノを有機的に連動させる次世代情報化社会の実現に向けて、低消費電力かつ高性能な革新的デバイスの実現が必要不可欠となっている。そこで、新たな情報担体としてスピンを用いることで、低消費電力と新原理動作が可能な半導体スピン素子の創成が期待されている。本研究では、原子層レベルで制御した強磁性体/半導体界面を有する縦型半導体スピン素子構造を実現することで、低消費電力かつ高性能な半導体スピン素子の創成を目指す。

本年度は、強磁性体/半導体/強磁性体縦型構造においてスピン注入効率を左右する半導体/強磁性体界面の相互拡散抑制に向けて半導体ゲルマニウム(Ge)中間層へのスズ(Sn)添加を行った。Sn 添加により成長温度の低減が可能となり、添加量を調整することで平坦かつ良好な結晶表面を実現した。透過型電子顕微鏡による構造評価、元素分布の分析から、Sn 添加による低温成長により Ge 中間層/下部強磁性体(Co₂FeSi)間の相互拡散を抑制できていることが明らかになった。この構造を用いたスピンドバイスの評価からも Sn 添加によって室温スピン信号の増大に成功し、Sn 添加による急峻な Ge/Co₂FeSi 界面がスピンドバイスの高性能化を実現したと考えられる。さらなる高性能化を目指して、高スピン偏極率を有し熱的にも安定な新規のホイスラー合金(Co₂MnSi)を用いた縦型スピンドバイスの検討を行った。構造や成長条件を調整することで、Co₂MnSi を上部、下部強磁性体に用いた縦型スピンドバイスの作製に成功し、室温スピン信号を観測した。

以上の結果から Sn 添加による Ge 中間層の低温成長技術と新規ホイスラー合金に関する基盤技術を確立したと言える。今後はこれまでに確立した n 型ドーピング技術などを融合することで、縦型スピンドバイスの構造を制御し、高性能化に繋げていく。

【代表的な原著論文情報】

1) K. Hamaya and M. Yamada:

“Semiconductor Spintronics with Co₂-Heusler Compounds”, MRS Bulletin, **47**, 584 (2022).

2) T. Naito, R. Nishimura, M. Yamada, A. Masago, Y. Shiratsuchi, Y. Wagatsuma, K. Sawano, R.

Nakatani, T. Oguchi, and K. Hamaya:

“Significant effect of interfacial spin moments in the ferromagnet-semiconductor heterojunctions on spin transport in a semiconductor”, Phys. Rev. B **105**, 195308 (2022).

3) T. Naito, M. Yamada, Y. Wagatsuma, K. Sawano, and K. Hamaya:

“Effect of Strain on Room-temperature Spin Transport in Si_{0.1}Ge_{0.9}”, Phys. Rev. Appl. **18**, 024005 (2022).