

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

2021 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／科学技術振興機構
特任助教／さきがけ研究者

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

§ 1. 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ける原子層挿入を行った。最近の検討から磁性体を用いることが高効率スピン注入に向けて重要なことが明らかになっており、磁性原子層の挿入を行った。構造評価などから磁性原子層上に半導体中間層を成長する際に相互拡散が生じていることから、半導体中間層の成長温度の低減が原子層挿入効果を評価する上で重要であることが明らかになった。そこで、半導体中間層の低温成長に向けた機能性添加材料を添加するために半導体用の成長室を新設し、真空一貫で強磁性合金成長室と半導体成長室を搬送可能な設備と連結した。新設した成長室に機能性添加材料を導入し、半導体に添加を行ったところ、これまでの成長条件でエピタキシャル成長することを確認した。今後、低温成長に向けて更に条件の検討を進めて行く。さらに昨年度取り組んでいた半導体中間層の n 型化に向けたドーピング手法についても所望の不純物以外が混入する問題を解決し、n 型半導体中間層の特性を得ることに成功した。

以上の検討において、半導体縦型スピンドバイスの高性能化に向けた半導体中間層の低温成長技術、n 型ドーピング技術の基礎的な知見を得た。

【代表的な原著論文情報】

- 1) M. Yamada, T. Naito, K. Sumi, K. Sawano, and K. Hamaya:
“Temperature dependence of two-terminal local magnetoresistance in Co-based Heusler alloy/Ge lateral spin-valve devices”, IEEE Trans. Magn. (2022) (in press).
- 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) A. Yamada, M. Yamada, M. Honda, S. Yamada, K. Sawano, and K. Hamaya:
“Magnetoresistance ratio of more than 1 % at room temperature in germanium vertical spin-valve devices with Co₂FeSi”, Appl. Phys. Lett. **119**, 192404 (2021).
- 4) M. Yamada, T. Ueno, T. Naito, K. Sawano, and K. Hamaya:
“Experimental extraction of donor-driven spin relaxation in n-type nondegenerate germanium”, Phys. Rev. B **104**, 115301 (2021).