

2023 年度年次報告書

情報担体を活用した集積デバイス・システム

2022 年度採択研究代表者

好田 誠

東北大学 大学院工学研究科
教授

波動性情報担体を用いた固体多重情報基盤の創出

主たる共同研究者:

植村 哲也（北海道大学 大学院情報科学研究院 教授）

関 剛斎（東北大学 金属材料研究所 教授）

研究成果の概要

本年度は、半導体量子構造における電子スピン波生成に向けた基盤技術の確立と電子スピン波とマグノンの相互作用観測に向けた薄膜成長・スピン注入技術の構築を進めてきた。具体的な研究成果の概要を以下に述べる。

半導体量子構造を用いて光の空間構造からスピンの空間構造である電子スピン波へ情報変換を行うため、空間光変調器を用いて偏光の空間構造を構築し、GaAs/AlGaAs 量子井戸構造に照射した。光学遷移選択則に基づいて電子スピン波へと光電変換できることを時空間カー回転則により明らかにした。これにより任意の波長を有する電子スピン波の光電変換技術を確立できたこととなる。また、波動性を使った選択的情報記録の概念実証を目指しマグノンによる選択的磁化反転の観測に成功した。

電子スピン波とマグノンを結合させるために強磁性/半導体接合を用いたスピン注入技術が必要不可欠である。そこで、 n -GaAs / n^+ -GaAs / CoFe 薄膜構造を用いてスピン注入素子を作製した。スピンホール効果を利用したスピン蓄積の検出を行うため、従来型の非局所スピン注入信号の知見をベースに電極形状などの素子構造改良を進めた。

電氣的スピン注入による電子スピン波形成に向け、GaAs 上の垂直スピン源の作製と AlGaAs/GaAs 系高移動度2次元電子ガスの作製を行った。前者に関しては、MnGa/Fe からなる二層膜において明瞭な垂直磁化特性を確認するとともに、そのスピン軌道トルク磁化反転を実証した。後者に関しては、移動度を向上する成長条件を系統的に明らかにし、その結果、77K にて $10^5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を越える高移動度を達成した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) M. Kohda, T. Seki, Y. Yuminaka, T. Uemura, K. Kikuchi, and G. Salis, “Perspective on spin-based wave-parallel computing”, *Applied Physics Letters* **123**, 190502 (2023).
- 2) J. Ryu, C. Onur Avci, M. Song, M. Huang, R. Thompson, J. Yang, S. Ko, S. Karube, N. Tezuka, M. Kohda, K.-J. Kim, G. S. D. Beach, and J. Nitta, “Deterministic current-induced perpendicular switching in epitaxial Co/Pt layers without an external field”, *Advanced Functional Materials* **2209693** (2023).
- 3) Y. Kunihashi, Y. Shinohara, S. Hasegawa, H. Nishinaka, M. Yoshimoto, K. Oguri, H. Gotoh, M. Kohda, J. Nitta, and H. Sanada, “Bismuth induced enhancement of Rashba spin-orbit interaction in GaAsBi/GaAs heterostructures”, *Applied Physics Letters* **122**, 182402 (2023).
- 4) M. Ogawa, T. Hara, S. Hasebe, M. Yamanouchi, and T. Uemura, “Effect of an ultrathin Fe interlayer on the growth of MnGa and spin-orbit-torque induced magnetization switching”, *Applied Physics Express*, **16**, 063002, (2023).