ALCA-Next

「半導体」領域

2024 年度 年次報告書

2023 年度採択

[研究開発代表者名:村山 明宏]

[北海道大学大学院情報科学研究院 特任教授]

[研究開発課題名:0-2D ハイブリッド半導体光電スピンインターフェース]

主たる共同研究者:

なし

実施期間 : 2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

§1. 研究開発成果の概要

スピン偏極した電子信号を光電変換し光で伝送するために、室温動作可能な光電スピン変換デバイスによるインターフェースを構築する。光学活性層への電子の高速スピン注入を可能にするとともにスピン偏極の増幅機能を持つ半導体の2次元電子系と量子ドットや局在準位など 0 次元系を活用するハイブリッド半導体量子構造を研究し、光電スピン変換機能の高性能化を目指すとともに、光信号にスピン偏極成分を重畳し活用する光電スピン信号技術を開発する。

本年度は、InAs 量子ドット光学活性層と電子スピン偏極のフィルタリング増幅機能を持つ GaNAs 量子井戸のハイブリッド量子構造の検討を継続し、電子のスピン偏極を反映する発光円偏光特性の時間変化に対する動的モデルを構築し解析を行った。特に、室温領域で重要な役割を果たす電子とそのスピン状態に対する熱励起効果を定量的に組み込むことを行った。その結果、各種の量子構造を作製し特性の改善を図るとともに、その要因を明らかにすることができた。特に、スピン偏極の増幅機能に加えて、その増幅効果を担う窒素由来の欠陥による電子の損失を明らかにし、光電スピンインターフェースに適した設計指針を得ることができた。

デバイスの作製に関しては、光信号の送受信を担うスピン偏極 LED とスピン偏極受光ダイオードの作製を継続して行った。光電変換インターフェースの構築に重要な送受信デバイスの光応答波長を整合させるため、半導体光学活性層の組成などの検討を行った。また、光スピン信号の生成と検出におけるスピン偏極特性の向上を目指して、GaNAs によるスピントラッキング効果を活用する新規の半導体デバイス構造の検討を行った。電子スピン電極層に用いる金属強磁性体材料やその積層構造に関する研究を行うとともに電極作製プロセスの検討を行い、送受信を担う光電スピン変換デバイスにおける室温での動作特性の改善を図っている。

【代表的な原著論文情報】

1. “Efficient room-temperature spin-amplified luminescence of InAs quantum dots tunnel-coupled with a thin GaNAs spin filter”,
S. Hiura, S. Sato, S. Sakano, J. Takayama, A. Murayama:
Appl. Phys. Lett. **126**, 052403:1-8 (2025).
2. “Room-temperature spin-conserved electron transport to semiconductor quantum dots using a superlattice barrier”,
S. Hiura, S. Hatakeyama, M. Jansson, J. Takayama, I. Buyanova, W. Chen,
A. Murayama:
Phys. Chem. Chem. Phys. **27**, 2210-2217 (2025).