

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	樋浦 諭志
研究機関名	北海道大学
所属部署名	大学院情報科学研究所
役職名	准教授
研究課題名	ナノ量子光スピン機能の開拓による光電スピントロニクス創成
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究では、実用上重要な室温以上で電子と光のスピン情報を相互に変換できる技術基盤を確立し、超低消費電力の光電融合情報システムへ展開することを目指す。当該年度では以下の研究を実施した。

1. GaNAs 量子井戸-InAs 量子ドットトンネル結合構造におけるスピン増幅ダイナミクス

室温で電子のスピン偏極を増幅できる希薄窒化 GaNAs 量子井戸と InAs 量子ドットのトンネル結合構造において、量子ドットの発光円偏光度の時間変化が井戸厚に依存することを見出した。GaNAs 欠陥準位のスピン捕獲時間を考慮したレート方程式解析を行い、量子ドットにおけるスピン増幅ダイナミクスを定量的に明らかにした。

2. InGaAs 量子ドットの発光特性の温度依存性

室温以上での強い発光を実現するために、理論的に伝導帯オフセットが大きく電子の熱脱離を抑制可能な希薄窒化 InGaAs 量子ドットを作製し、発光特性の温度依存性を評価した。InGaAs 量子ドットに対して温度上昇に伴う発光強度の低下が大きく抑制され、400 K の高温での高輝度発光を実証した。

3. GaNAs のスピン増幅効果を活用した電界効果型光スピンデバイスの開発

GaNAs 量子井戸と InAs 量子ドットのトンネル結合構造において、バンドポテンシャルの電界制御により発光円偏光度の電圧変調を実現した。GaNAs のスピン増幅効果の強さを変化させることで、室温で 15% から 40% までの円偏光度の電圧制御を実証した。三次元量子構造シミュレーションを用いて、電界依存のスピン増幅ダイナミクスを明らかにした。

4. GaNAs を用いたスピンプォトダイオードの開発

GaNAs をスピントラップ層に活用したスピンプォトダイオードを開発した。GaAs 系フォトダイオードに対して光電流は減少する一方で、スピン依存光電流は大きくなった。また、円偏光受光特性の温度依存性と入射光強度依存性を評価した。