

2022 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	佐藤 真一郎
研究機関名	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
所属部署名	量子ビーム科学部門 高崎量子応用研究所 量子機能創製研究センター
役職名	上席研究員
研究課題名	ランタノイド・ナノフォトニクス量子デバイス
研究実施期間	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

2022 年度は、昨年度に引き続き、GaN にドーブしたネオジウム (Nd) の発光レート向上を目的として、フォトニック結晶 L3 共振器構造の改良 (Q 値向上) を進めた。電磁界シミュレーションに基づき、Nd の $^4F_{3/2} \rightarrow ^4I_{9/2}$ 遷移に起因する 916nm に共振周波数をもつ構造を設計し、微細加工技術による形成を行った。その結果、室温下において、共振器構造のない Nd と比較して約 26 倍、昨年度作製した共振器と比較しても約 2.6 倍の発光強度増強に成功した。これは、共振器の設計変更によって Nd の発光レートを制御できることを示した成果であり、室温動作する近赤外単一光子源の実現に向けた重要なマイルストーンであるといえる。引き続き、共振器構造の改良や作製プロセスの改善により、さらなる発光レートの向上と、室温での単一 Nd 発光検出を進める。

また、ランタノイド単一光子源の電気制御やランタノイド量子センサの開発を目的として、プラセオジウム (Pr) をドーブしたダイオードおよび高電子移動度トランジスタ (HEMT) を作製した。Pr イオン注入による高抵抗化がデバイス特性に対して悪影響を与えるため、 $1\mu\text{m}\phi$ の微小領域にのみ注入し、その上からデバイス構造を形成することで、Pr イオンを内包した GaN ダイオード、HEMT デバイスの作製を達成した。今後は、電流注入による Pr 発光制御や、発光特性の変化に基づくデバイス中の温度や電界の検出を進める。

さらに、GaN にイオン注入した Pr の活性化率向上を目的として、超高压熱処理法を用いて最高 1480°C までの熱処理を行った。その結果、1400°C で最も高い活性が得られることを明らかにした。これはランタノイド量子デバイスの開発には不可欠な材料科学的知見であり、今後は、本結果を上記デバイスやフォトニック結晶共振器へとフィードバックすることを進める。