2024 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	高崎量子技術基盤研究所 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	2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

研究成果の概要

窒化物半導体にイオン注入したランタノイドイオンを単一光子源や量子ビットとして扱うためには、イオン注入によってドープされた孤立したランタノイドイオン配位構造・周辺原子構造について明らかにする必要がある。2024 年度は、SPring-8 放射光を用いた X 線吸収微細構造解析(XAFS)により、窒化ガリウム(GaN)にイオン注入したプラセオジム(Pr)（ランタノイドの一種）の電子状態、周辺原子構造の解析を行った。その結果、イオン注入された Pr は Ga サイトに+3 価の状態で取り込まれ、その後の熱処理によって Pr 周辺の局所構造の対称性が改善されることがわかった。すなわち、イオン注入後の熱処理による Pr イオンの発光強度の増加は、価数（+3 価）の安定化ではなく、非発光遷移過程の減少に主に起因すると結論づけられた。

また、GaN にイオン注入した Pr^{3+}(GaN:Pr^{3+})の発光に寄与する電子準位（4f 殻内準位）に関して、別の母材料（窒化アルミニウム(AlN)およびイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)）にイオン注入した Pr^{3+}の発光スペクトルと詳細に比較した結果、GaN:Pr^{3+}の室温フォトルミネッセンススペクトルにおいて現れるもっとも支配的な 652 nm ピークは、$^1D_2 \rightarrow {}^3H_4$ 遷移もしくは $^3P_0 \rightarrow {}^3H_6$ 遷移に起因する可能性が高く、過去に同定された発光遷移準位が誤っていることを明らかにした。この成果は、窒化物半導体中のランタノイドイオンの発光を利用した量子デバイスの開発において、基礎的かつ重要な知見であるといえる。