

2026年 2月 20日

豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学専攻  
学位審査委員会  
委員長 八井 崇

## 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	高田晃佑	学籍番号	第 213239 号
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学専攻
博士学位 論文名	フォトニック構造による高感度ダイヤモンド量子磁気センサの開発 (Development of highly sensitive diamond quantum magnetometer using photonic structures)		
論文審査の 期間	2026年 1月 15日 ～ 2026年 2月 19日		
公開審査会 の日	2026年 2月 12日	最終試験の 実施日	2026年 2月 12日
論文審査の 結果*	合格	最終試験の 結果*	合格
審査委員会(学位規程第6条)			
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。			
委員長	松田厚範		
委員	石川靖彦		田村昌也
	八井 崇		印
		印	印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

本論文は、ダイヤモンド量子磁気センサの高度化に向けて、ダイヤモンドフォトニック構造による高性能化・集積化技術の開発についてまとめたものである。

第1章では、量子磁気センサ分野の背景と課題を整理し、それらに対する本論文の研究目的をまとめている。第2章では、量子デバイスに利用されるダイヤモンド窒素-空孔 (NV) 中心に関する基礎事項と、NV 中心を用いた量子磁気センサの原理について記述している。さらに、フォトニック構造としての光導波路および共振器の原理についても述べている。第3章では、ダイヤモンド NV 発光の低い光取出し効率を改善する新しい手法をまとめている。まず光のカイラル特性を活用した新規手法によって、高い光取出し効率と超高感度化が実現可能であることを提案している。次に、外部光デバイスへの高効率結合と、フォトニック構造集積時のアライメントに対して高い許容度を有する新規集積手法を提案し、その手法を実証している。第4章では、ダイヤモンド NV の発光強度を増強するために、プラズモン増強効果を活用した手法を提案し、実証している。第5章では、ダイヤモンド量子磁気センサの小型化を可能とするバイアス磁場フリー手法を提案し、その原理手法を実証している。第6章では、本論文の成果を総括し、今後の発展について述べている。

## 審査結果の要旨

半導体や生命科学分野において、高感度かつ高機能なセンシング手法の開発が重要となっている。中でも、ダイヤモンドNV中心の発光強度変化を用いた量子磁気センサは、室温動作が可能であることや、原子スケールの点欠陥に由来した高い空間分解能を実現できることなど、応用上有用な特性を有している。しかし従来のダイヤモンド量子磁気センサは、ダイヤモンドの高い屈折率によりNV発光の利用効率が低いこと、また微細加工技術が他の半導体と比較して未発達であることから、多くがバルク基板を用いた原理実証に留まっている。

本論文において、上記の諸問題を解決するべく、新原理・新手法によりダイヤモンド量子磁気センサの実用化への道を切り拓く重要な成果を数多く示している。ダイヤモンドNV発光の利用効率向上について、光の取出し効率の改善と、NV発光強度そのものを向上させる手法について提案・実証している。取出し効率の向上では、光のカイラル特性を引き出すフォトニクス構造を採用することで、取出し効率を最大20倍向上させ、その結果、従来のバルク基板を用いた手法と比較して磁気感度を2桁向上し得る手法を提案している。さらに、ダイヤモンドフォトニクス構造を他材料の導波路に結合して光を取り出すハイブリッド集積技術の開発を行っている。新たに斜め交差手法を取り入れることで、アライメントの制約を大幅に低減しつつ、導波路間の高い結合効率とスピン特性を維持できるデバイスの実証に成功している。また、ダイヤモンドNVの発光強度増大手法として、プラズモン増強を利用した共振器構造を実現し、プラズモニック共振器構造として世界最高のQ値を実証している。加えて、ダイヤモンド量子磁気センサの集積化を阻む要因の一つである、NVスピン準位の縮退を解くためのバイアス磁場印加の必要性に着目し、本問題の解決に取り組んだ。センサ駆動用のマイクロ波(MW)について、従来用いられてきた直線偏光に代えて円偏光MWを利用することで、バイアス磁場印加を不要とする手法を考案している。さらに、円偏光MWを自在に生成可能な手法を開発し、ダイヤモンド量子磁気センサにおいてその有効性を世界で初めて実証している。これにより、従来必須であったバイアス磁場が不要となり、集積化が可能になるだけでなく、センサのアレイ化が容易になるなど、本成果はダイヤモンド量子磁気センサの集積化・多点化に向けて極めて重要な工学的意義を有している。

以上の一連の成果は、ダイヤモンド量子磁気センサの実用化に向けて大きな意義を有するとともに、量子磁気センサにとどまらず量子コンピューターや量子通信を含むダイヤモンド量子デバイス全般において幅広い応用展開が期待できる。以上より、本論文は学術的・工業的に価値が高く、博士(工学)の学位論文に相当するものと判断した。

(各要旨は1ページ以上可)