

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	高口 拓己		学籍番号	第 173222 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	磁性ガーネットの動的磁化挙動解析とその磁気デバイス応用 (Dynamic Magnetization Analysis of Magnetic Garnet Films and Their Application to Magnetic Devices)			
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

内田 裕久



委員

松田 厚範



中村 雄一



後藤 太一



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

近年、磁性体の磁気ドメインを利用した磁気光学デバイスは、スピン制御レーザーなどの独自の新機能を実現できることから期待されている。こうしたデバイス開発において、磁気ドメイン挙動をシミュレーションで再現することができれば、より効率的なデバイス設計や高機能化が期待されるが、複数の磁気ドメインと微小な磁壁から構成される複雑な磁化分布を計算する必要があり、大規模なシミュレーションが必要であり実現されていなかった。

本論文は、全6章で構成される。第1章では、研究背景、研究目的および本論文の構成をまとめている。第2章では、磁気ドメインを含む大規模モデルの計算を実現するため、スーパーコンピュータの大規模並列計算を用いたマイクロマグネティクスシミュレーション手法を確立している。第3章では、実験で作製した磁性ガーネット薄膜の磁気ドメインをシミュレーションで再現するため、実験で得られた材料値に加え、交換結合定数をパラメータとして、実際の磁気ドメイン幅と良い傾向の一致を示すシミュレーション結果を得ており、この手法が交換結合定数を推定する簡便な新手法として提案されている。第4章では、シミュレーションと実験の磁化特性の不一致の原因を検討している。その結果、異方性エネルギーの膜厚方向分布が重要であることを見出し、強磁性共鳴測定による膜厚方向の異方性エネルギー分布を踏まえて得た計算結果が実験結果に近づき、シミュレーション精度が向上したことを示している。第5章では、確立したシミュレーション手法を用いて、高強度かつ短パルスの磁界による動的磁化挙動を解析し、入力周波数よりも高い周波数で非線形磁化振動が生じることを見出し、それがパルス磁界印加時の磁気ドメインの膨張と収縮により生じることを示している。さらに、この現象に基づいた新原理デバイス応用を提案している。第6章では、全体を総括している。

審査結果の要旨

本論文では、従来は困難であった磁性ガーネット膜の磁気ドメイン挙動を解析可能な、大規模なマイクロマグネティクスシミュレーション手法を確立し、実験との比較を行いつつ、その整合性を高めることで、磁気デバイス開発における新たな指針を提示している。

大規模並列計算に関する研究では、従来困難であったサイズの磁気ドメイン計算を、スーパーコンピュータを活用した大規模並列計算により実現している。これにより、複数の磁気ドメインと磁壁構造を含む大規模モデルでのシミュレーションが可能となり、磁気光学デバイス開発のためのシミュレーション基盤が確立されている。材料パラメータの最適化に関する研究では、実験で得られた磁気ドメインサイズをシミュレーションで再現するため、交換結合定数をパラメータとした検討を行い、実験と良い傾向の一致を示す磁気ドメインサイズを再現するとともに、実験では得ることが困難な磁気ドメインの構造を明らかにしている。更に、この手法は交換結合定数を推定する新手法として有効であり、従来の複雑な実験に代わる、効率的なパラメータ評価法を提供するものである。磁化特性の再現性向上に関する研究では、静的なシミュレーションで得た磁気ヒステリシスループと実験結果における保磁力の不一致の原因を追究している。強磁性共鳴測定などにより異方性エネルギーが膜厚方向に分布を持つこと実験的に評価し、これをもとにシミュレーションにも膜厚方向の異方性エネルギー分布を導入することで、面直方向の保磁力が実験値に近づくことを示している。これは、磁性薄膜の材料特性が膜厚方向に不均一であることを示すとともに、より精密なシミュレーションモデル構築の重要性を明らかにしている。動的磁化挙動に関する研究では、高強度かつ短パルスの磁界印加により非線形磁化振動が生じることを示すとともに、その挙動を解析し、磁気ドメインの膨張と収縮が入力周波数よりも高い周波数での振動を引き起こしていることを明らかにしている。この発見に基づき、新原理デバイスを提案しており、磁気ドメインを利用した新たなデバイス応用の可能性を拓いている。

本論文の成果は、磁気ドメインを用いた磁気光学デバイスの開発において、シミュレーションによる予測と検証を可能にする基盤技術を確立したものであり、今後のデバイス開発の加速と新機能創出に大きく貢献するもので、学術的かつ工業的に価値の高いものといえる。以上により、本論文は博士(工学)の学位論文に相当するものと判断した。