






2024 年 2 月 21 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 服部 敏明 

## 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   | 吉原 優紀  |     | 学籍番号  | 第 173270 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<br>電気・電子情報工学 専攻  |                         |   |
| 博士学位論文名   | 集積型スピン制御レーザーに向けた磁気光学マイクロ構造体の開発<br>(Development of magneto-optical microstructures for integrated spin-controlled lasers) |     |   |                         |   |
| 論文審査の期間   | 2024 年 1 月 11 日 ~ 2023 年 2 月 12 日  |     |   |                         |   |
| 公開審査会の日   | 2024 年 1 月 30 日  |     | 最終試験の実施日  | 2024 年 1 月 30 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  | 中村 雄一  |     |  | リム パンボイ (Lim Pang Boey) |  |
|   | 後藤 太一  |     |  |                         | 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

近年、安定した情報通信や機械加工の分野で、小型で高出力かつ高安定なレーザー装置が求められている。磁気光学材料を用いたスピン制御レーザー (SCL) は、集積化が可能で、外部信号による制御が可能ことから注目されている。しかし、集積化に適した磁気光学材料は開発されていない状況にある。そこで、本研究では、集積化に適したマイクロ構造体を有する磁気光学材料を作製し、これをSCLに適用した際に求められる特性を評価した。

本論文は、全7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、磁気光学材料をSCLに使用した際に求められる特性を評価している。磁気光学効果の大きさの異なる磁気光学材料を使用したSCLを作製し、レーザー発振特性を評価することで、磁気光学材料・構造体で実現されるべき要点を決定している。第3章では、磁気光学材料としてセリウム置換イットリウム鉄ガーネット (Ce:YIG) を選定し、多結晶膜を作製し、磁気光学効果を評価している。得られた結果に基づいて、膜作製条件や基板材料の影響を明らかにしている。第4章では、単結晶のCe:YIG膜を、ガーネット構造をもつ基板の上にエピタキシャル成長している。サブミクロンサイズの磁気ドメインを有する磁気光学材料の、磁気特性、結晶構造、および磁気光学特性を評価している。第5章では、Ce:YIGとガドリニウムガリウムガーネット (GGG) 膜を交互に積層した構造体を作製し、大きな磁気光学効果とサブミクロンの磁気ドメインを持った磁気光学マイクロ構造体を開発している。第6章では、各章で得られた知見を基にした集積型SCLを提案している。第7章では、全体を総括している。

## 審査結果の要旨

本論文では、磁気光学マイクロ構造体を作製し、SCLに応用する上で必要となる磁気光学などの物理特性を詳細に評価し、本構造体を用いたデバイス構成を提案している。

多結晶Ce:YIG膜に関する研究では、厚膜化すると膜中の歪みを起源とした割れや剥離が生じるため、膜厚と磁気光学効果の大きさが単調な比例関係から外れ、磁気光学デバイスとしての性能を最大化できる膜厚があることを明らかにしている。さらに、多結晶の場合は、Ceが凝集する部分が膜中に生じるため、磁気光学効果に寄与しない3価のCeイオンが析出することも明らかにしている。これらの知見を発展させ、単結晶Ce:YIGをGGG基板上に、エピタキシャルに成長している。磁気状態を観察可能な偏光顕微鏡を構築し、これを用いることで、作製した単結晶Ce:YIGがSCL応用に適したサブミクロンサイズの磁気ドメインを有することを確認している。この磁気ドメイン構造体の磁気異方性は、成膜条件によって変化することも明らかにしており、これまで予想されていなかった迷路状磁区構造に関する新しい知見が得られている。この単結晶Ce:YIGをGGGと交互に積層することで、マイクロキャビティを作製し、近赤外波長領域における磁気光学効果の増大と磁気ドメインの発現の両方を同時に達成できる構造体の開発に成功している。

本論文の成果は、SCL実現のために極めて重要な磁気光学マイクロ構造体の開発指針を明らかにしたものであり、この過程で得られた知見はその他の磁気光学デバイスの性能向上にも寄与するものである。学術的かつ産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。