

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	太田泰友
研究機関名	慶應義塾大学
所属部署名	理工学物理情報工学科
役職名	准教授
研究課題名	集積磁気ナノフォトニクスの開拓
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究では、集積ナノ光構造と磁気光学 (MO) を融合するプラットフォームとして、単結晶 MO 薄膜を絶縁体基板上に装荷した基板 (MOOI 基板) を作製し、同基板を用いた集積磁気ナノフォトニクスの開拓を進めている。本年度は、MO 材料であるイットリウム鉄ガーネット (YIG) の高度な微細加工、連続場の束縛 (BIC) 状態を活用したスローライト導波路等の電磁界数値解析に取んだ。

YIG の微細加工では、前年度までに構築したドライエッチング技術の高度化を図るとともに、MOOI 基板への適用を進めた。MOOI 構造上で改めて描画条件を調整しドライエッチング加工を行ったところ数百ナノメートル間隔で YIG 薄膜中に空孔を形成することに成功した。また、光通信波長域で動作可能な欠陥型共振器の導入も行い、下部クラッドを選択エッチング処理することで、エアクラッド型の YIG フォトニック結晶共振器構造の形成を実現した。加えて、YIG ディスク構造の作製にも取り組み、高 Q 値光共鳴を示すマイクロディスク共振器の作製に成功した。これらはいずれも世界初の高度な YIG 光マイクロ・ナノ構造の実現と位置付けることができる。

電磁界数値計算においては、BIC 状態に着目し、MOOI 基板に電子線レジストを装荷した光導波路を検討した。特に、周期的に並んだ空孔によるフォトニック結晶を導入することでスローライト状態の形成を目指した。解析モデルを構築し指針にしつつ数値計算を進めたところ、損失を小さく保ったまま光の群速度を大きく低減できる構造を見出した。また、メタ表面構造として、シリコンフォトニック結晶を装荷した MOOI 基板を検討し、同構造が BIC モード光共振を示すことを見出した。さらに共鳴条件下で Faraday 効果が大きく増大することも数値的に明らかにした。また、モアレフォトニック結晶構造におけるフラットバンド光局在について検討し、高 Q 値光共振器としての応用可能性を調べた。