

2022 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	理工学部物理情報工学科
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	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究は、集積ナノ光構造と磁気光学 (Magneto Optics, 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。本年度は研究初年度として、MOOI 基板の形成、MO 材料である YIG の微細加工、MO メタ表面をはじめとする磁気ナノフォトニクス構造の電磁界数値解析を進めた。

MOOI 基板の作製ではより安定したプロセス条件の検索と機械研磨における薄膜の平行度向上に取り組み、より高品質な MOOI 基板の形成に成功した。さらに YIG 基板のハンドリング方法を大幅に見直し、パーティクル混入に起因するトラブルを大幅に低減することにも成功した。YIG の微細加工では、メタン水素ガスを用いたプラズマドライエッチングについて、プロセス圧力、ガス流量、プラズマ生成パワーといったパラメータを変えつつ条件探索を行い、 80° 近い側壁角を得た。磁気ナノフォトニクス構造の電磁界解析においては、まず MO メタ表面における偏光回転現象 (Faraday 回転) を調べた。正方格子 YIG ナノディスクアレイにおいて電磁誘導透明化を活用することで、高い光透過率と大きな Faraday 回転が同時に実現可能であることを数値計算により実証した。またディスク側壁に傾きがある場合でも非対称クラッド構造を導入することで、複異方性の影響を補償できることを見出した。また、Si フォトニック結晶を MOOI 基板に装荷したハイブリッドメタ表面構造も調べ、連続場の束縛状態 (BIC 状態) を通じてガイドモード共鳴を励振することで高 Q 値光共振が可能であることを見出した。同構造を最適化することで、 45° の Faraday 回転を示す極薄 Faraday 回転子の設計に成功した。また、MO 薄膜上に低屈折率誘電体細線を装荷して形成する BIC 導波路の電磁界解析も進めた。細線構造を最適化して BIC 条件を明らかにするとともに、その磁場応答についても調べ、光アイソレーター等への応用可能性を検討した。