

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする
次世代フォトニクスの中盤技術
2017年度採択研究代表者

2021年度 年次報告書

野田 進

京都大学 大学院工学研究科
教授

変調フォトニック結晶レーザーによる2次元ビーム走査技術の開発

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、複合変調フォトニック結晶の概念を創出し、高出力・高ビーム品質の電氣的2次元ビーム走査技術およびその発展技術の開発と、その社会実装に向けた取り組みを行っている。本年度は、複合変調フォトニック結晶レーザーのLiDAR分野における社会実装へ向けて、産業界(ユーザー企業)と密に連携しながら展開を推進した。

まず、前年度にPOC実証したビーム走査式とフラッシュ式を融合した新たな非機械式LiDARシステムにおいて、光源の高度化を図るとともに、システムの小型化を行った。光源としては、変調フォトニック結晶レーザーを発展させ、ワンチップで広い視野範囲($30^{\circ} \times 30^{\circ}$)を外部光学素子無しで照射できる光源を新たに開発するとともに、同じ視野範囲を2次元的に走査可能な光源をも構築した。これらの光源と測距カメラを一体化することで、LiDARシステムの体積を前年度の1/15以下に大幅に小型化するとともに、本小型LiDARによる測距のデモンストレーションに成功した。

さらに、モバイル用超小型LiDARへの展開に向けて、外部光学系フリーで複数の点状ビームを出射出来る新たな光源の開発を行った。複数の回折ベクトルの情報を同時に導入した複合変調フォトニック結晶を構築し、設計と対応する複数方向への同時ビーム出射を実現することに成功した。さらに、本レーザーを用いた投光系における光学系(レンズ等)フリーの測距モジュールの構築や、さらなる点数の増大(100点)、様々なビームパターンの実現等にも成功した。

また、当初予定していなかった展開として、面垂直出射型のフォトニック結晶レーザーの狭出射角特性を活かしたLiDARシステムの小型化をも行った。極めて狭いビーム拡がり角($\sim 0.1^{\circ}$)という特長により投光系がレンズフリーとなることを活かして、投光系と受光系を一体化することで、前年度のシステムの1/3の体積へと小型化し、クラス最小のLiDARを構築した。さらに、本成果を、Society 5.0科学博で展示し、広く発信した。また、本成果が、新聞・雑誌・インターネット等で数多く報道された。

併せて、これらの社会実装を支える基礎技術として、複合変調フォトニックレーザーへの裏面反射構造(DBR)の導入によるスロープ効率向上の検討等をも、複合変調フォトニックレーザーの特徴である様々な角度へのビーム出射時における干渉効果の変化を詳細に考慮しながら、推進した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 研究代表者グループ(総合研究推進グループ:京都大学+ローム+三菱電機)

① 研究代表者:野田 進 (京都大学 大学院工学研究科 教授)

② 研究項目

本総合研究推進グループにより、2次元ビーム走査可能なフォトニック結晶レーザーチップの実現に向けた、理論検討およびデバイス作製・評価等を行い、本プロジェクト全体を遂行する。

【代表的な原著論文情報】

1) Ryohei Morita, Takuya Inoue, Menaka De Zoysa, Kenji Ishizaki, and Susumu Noda, “Photonic-crystal lasers with two-dimensionally arranged gain and loss sections for high-peak-power short-pulse operation”, *Nature Photonics* *Nature Photonics* vol.15, pp.311-318 (2021)

2) Menaka De Zoysa, Takuya Inoue, Masahiro Yoshida, Kenji Ishizaki, Wataru Kunishi, John Gellera, and Susumu Noda, “Light Detection Functionality of Photonic-Crystal Lasers”, *IEEE Journal of Quantum Electronics*, Vol.57, p.6400208 (2021)

3) Shumpei Katsuno, Takuya Inoue, Masahiro Yoshida, Menaka De Zoysa, Kenji Ishizaki, and Susumu Noda, “Self-consistent analysis of photonic-crystal surface-emitting lasers under continuous-wave operation”, *Optics Express*, Voi.29, pp.25118-25132 (2021)