

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

2020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・高ビーム品質の広範囲 2 次元ビーム走査技術の開発とその応用の検討を行っている。本年度は、本ビーム走査技術の応用に向けて、ビーム走査光源を活用した新たな測距方式(フラッシュ式とビーム走査式の融合)の検討を行った。フラッシュ式の LiDAR は、様々な方向の物体を一気に検知出来る一方で、低反射率の物体の距離検出が困難であるという課題を有している。そこで、検出困難な物体が見つかり次第、ビーム走査デバイスを用いて狙って照射することで正確な測距を可能とする、新たなシステムを考案した。このようなシステムへと適用する光源の一例として、 $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ の範囲で 0.4° 刻みで走査可能な複合変調フォトニック結晶レーザーアレイを開発し、高精度なビーム走査を実証した。また、ビーム走査デバイスの高度化に向けて、裏面方向への出射光の活用によるスロープ効率の向上の検討をも推進した。

さらに、本技術の社会実装に向けた取り組みとして、ユーザー企業と連携して、新たな方式に基づく LiDAR システムを構築し、POC 実験を行った。開発したビーム走査光源と、フラッシュ型光源および測距カメラとを同期して動作させ、白い物体と黒い物体に対するリアルタイム測距実験を行った。これにより、フラッシュ照射のみでは反射率が低い物体の距離が認識出来ないのに対して、ビーム走査レーザーで狙って照射することで、距離検出が可能となることを実証することに成功した。これに加えて、当初予定していなかった展開として、他のユーザー企業と連携し、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、レンズフリーの機械走査式 LiDAR の構築をも推進し、従来と比較して分解能が向上すること等を実証した。

これらの成果について、NHK や各種新聞等で報道されるとともに、海外メディアにも広く掲載された。

§ 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) R. Sakata, K. Ishizaki, M. De Zoysa, S. Fukuhara, T. Inoue, Y. Tanaka, K. Iwata, R. Hatsuda, M. Yoshida, J. Gellela, and S. Noda, "Dually modulated photonic crystals enabling high-power high-beam-quality two-dimensional beam scanning lasers," *Nature Communications*, vol. 11, 3487 (2020).
- 2) M. De Zoysa, M. Yoshida, B.-S. Song, K. Ishizaki, T. Inoue, S. Katsuno, K. Izumi, Y. Tanaka, R. Hatsuda, J. Gellela, and S. Noda, "Thermal management for CW operation of large-area double-lattice photonic-crystal lasers," *Journal of the Optical Society of America B*, vol. 37, 3882 (2020).
- 3) M. Yoshida, M. De Zoysa, K. Ishizaki, W. Kunishi, T. Inoue, K. Izumi, R. Hatsuda, and S. Noda, "Photonic-crystal lasers with high-quality narrow-divergence symmetric beams and their application to LiDAR," *Journal of Physics: Photonics*, vol. 3, 022006 (2021).
- 4) Y. Itoh, N. Kono, N. Fujiwara, H. Yagi, T. Katsuyama, T. Kitamura, K. Fujii, M. Ekawa, H. Shoji, T. Inoue, M. De Zoysa, K. Ishizaki, and S. Noda, "Continuous-wave lasing operation of 1.3- μ m wavelength InP-based photonic crystal surface-emitting lasers using MOVPE regrowth," *Optics Express*, vol. 28, 35483 (2020).