複合変調フォトニック結晶レーザーへの DBR 構造導入の検討（2）

Investigation on introduction of distributed Bragg reflector into dually modulated PCSELs (2)

°岩田錦太郎，坂田諒一，井上卓也，石崎賢司，
吉田昌宏，De Zoysa Menaka，初田蘭子，野田進 (京大院工)
°K. Iwata, R. Sakata, T. Inoue, K. Ishizaki,
M. Yoshida, M. De Zoysa, R. Hatsuda, S. Noda (Kyoto Univ.)
E-mail: iwata@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序論】これまでに、電気的ビーム走査可能なデバイス開発を目指し、フォトニック結晶の格子点に変調を加えた変調フォトニック結晶レーザーの概念を提案し[1]、さらに、格子点の位置と大きさを同時に変調した複合変調フォトニック結晶により、任意の 2 次元方向への高出力かつ高ビーム品質のビーム出射が可能になることを示してきた [2]。また、多数のレーザーを集積化したマトリックスアレイデバイス構造を構築し、電気的 2 次元ビーム走査を実現することにも成功している [3]。今後、このようなデバイスの LiDAR 等の光センシング応用に向けて、スロープ効率の向上が重要と考えられる。そのためのアプローチの 1 つとして、現在、裏面方向へ出射される光を、DBR 構造により反射させて有効利用することを理論・実験の両面からの検討を行っており[4,5]、本講演では、そのような DBR を導入した変調フォトニック結晶レーザーの動作特性について議論する。

【結果】図 1 に DBR を導入した変調フォトニック結晶レーザーの層構造の模式図を示す。デバイスの下方に DBR を導入し、裏面方向への放射光を反射させ、上方への放射光と強め合いの条件で干渉させることで、スロープ効率の増大を図ることを意図している。この考えに基づき、デバイスの作製・評価を行った結果、図 2 に示すように、様々な出射角度に対して、DBR の導入により、導入前に比べ 1.5～2 倍程度高い、スロープ効率を得ることに成功した。一方で、一部のデバイスでは、DBR 構造の導入により、ビーム品質の低下が見られた。その原因を分析したところ、DBR を導入したことで、デバイスの厚さ方向の光閉じ込めに、n 側および p 側の AlGaAs クラッド層のみならず、より屈折率の低い層を含む DBR も関与することになり、図 3 に示すように、基本垂直横モード以外に、p クラッド層に光が多く分布する高次の垂直横モードが高周波数側に生じ、それらのモード間の相互作用で生じた意図しないバンド端がデバイス特性に影響を与えることを突き止めた。このような高次の垂直横モードの影響は、n 側と p 側のクラッド層の Al 組成を調整し、屈折率分布を適切に制御することで除去可能なことをも見出しているが、それらの詳細は当日報告する。

【謝辞】本研究の一部は、JST-CREST（JP MJCR17N3）、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の援助を受けた。

【文献】[1] S. Noda, et al, *IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron.*, 23, 4900107 (2017).
[2] 坂田，野田，他，2019 年春季応物，12p-W631-5. [3] 福原，野田，他，2019 春季応物，12p-W631-8.
[4] 岩田，野田，他，2019 年秋季応物，20a-E207-7 [5] 岩田，野田，他，2020 年春季応物，15a-B415-5.

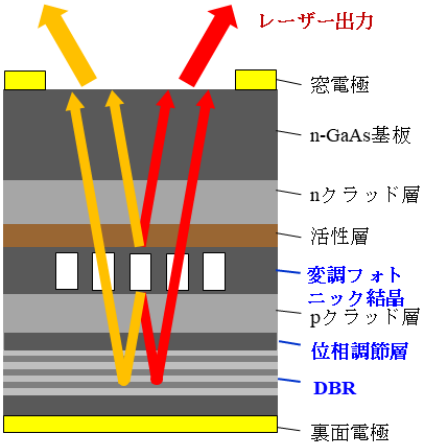

図 1. DBR を導入した変調フォトニック結晶レーザーの模式図

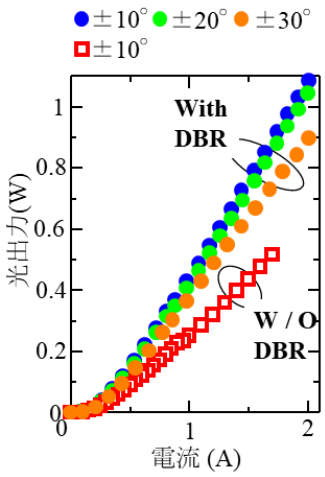

図 2. DBR の有無による IL 特性の比較

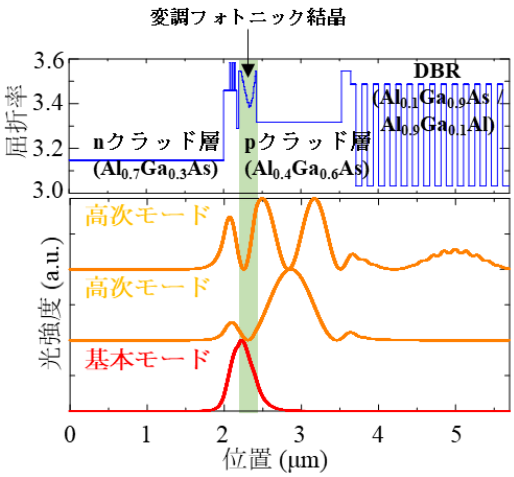

図 3. 屈折率分布と垂直横モードの解析結果