

GaN 系フォトニック結晶レーザーの連続動作

Continuous-wave operation of GaN-based Photonic Crystal Lasers

スタンレー電気¹, 京大院工² ○江本溪^{1,2}, 小泉朋朗^{1,2}, 日比野拳三²,廣瀬正輝², 井上卓也², 石崎賢司², De Zoysa Menaka², 野田進²Stanley Electric CO., LTD.¹, Kyoto Univ.², Kei Emoto^{○1,2}, Tomoaki Koizumi^{1,2}, Kenzo Hibino²,Masaki Hirose², Takuya Inoue², Kenji Ishizaki², Menaka De Zoysa², Susumu Noda²

E-mail: kei_emoto@stanley.co.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序論】フォトニック結晶レーザー (PCSEL) は、活性層近傍に設けた 2 次元フォトニック結晶のバンド端群速度零効果に基づく半導体レーザーである。本レーザーは原理上、発振面積を大面積化させてもコヒーレント性を維持出来ることから、高出力・高ビーム品質を両立出来るという特長を有する[1]。これまで、GaN 系フォトニック結晶レーザーの低閾値電流密度動作および高出力化に向けて、フォトニック結晶効果増強のための設計[2], SiO₂ 成膜を用いない空孔埋め込み法の開発[3]およびその直上の活性層の高品質化、利得波長と共振波長の調整[4]等を行うことで、閾値電流密度を 2.7 kA/cm² まで低減し、ピーク光出力 500 mW 以上を得ることに成功している[4,5]。これまでは PCSEL のパルス駆動による評価を行ってきたが、今回、連続 (CW) 駆動を試みた結果について報告する。

【デバイス作製】作製したデバイスの構造の模式図を図 1 に示す。まず n-GaN 基板上に MOVPE 法を用いて n-AlGaIn クラッド層、n-GaN 光ガイド層を成長し、n-GaN 光ガイド層にフォトニック結晶を形成した。ここではフォトニック結晶には比較的低閾値電流密度 (~2.7 kA/cm²) で発振する単一格子構造[4]を採用した。その後、再成長で空孔を残すようにフォトニック結晶を埋め込み、続けて活性層、ud-GaN 光ガイド層、p-AlGaIn 電子ブロック層、p-AlGaIn クラッド層、p⁺-GaN コンタクト層を成長した。成長後の基板に、直径 200 μm の円形 p 電極、および、窓状 n 電極を形成し、PCSEL デバイスを作製した。

【CW 動作】放熱のために高熱伝導率を有するサブマウントに AuSn 半田でジャンクションダウン接合した後、水冷型 Cu ヒートシンクに実装した。まず、共振波長をずらし発振しないようにした PCSEL を用いてケース温度を 20°C に設定し、CW 状態で電流注入を行い、表面温度を計測し、放熱性を評価した結果を図 2 に示す。発振が期待される電流 1.0 A における電極中央の表面温度は 28°C、予測されるジャンクション温度は 45°C であり、十分な放熱がなされていることを確認した。放熱性を確認した後、実際に共振波長を合わせた PCSEL に対して電流-電圧-光出力測定を行った。その結果を図 3 に示す。電流~0.88 A (電流密度~2.8 kA/cm²)、電圧~4.7 V で出力が急峻に上昇し CW 発振を確認することに成功した。発振動作等の詳細は当日報告する。

【謝辞】本研究は NEDO「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」プロジェクトによる支援を受けた。

【文献】[1] M. Imada et al., Appl. Phys. Lett. **75**, 316 (1999). [2] 江本他, 応物春予稿集(2018). [3] 小泉他, 応物春予稿集 (2017). [4] 日比野他, 応物秋予稿集 (2019). [5] 小泉他, 応物秋予稿集 (2019).

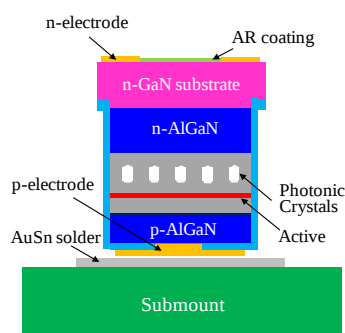


図1:PCSELの断面模式図

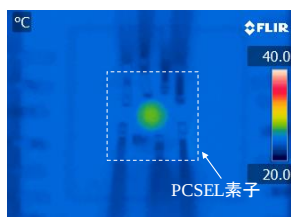


図2:温度測定結果 (I=1.0A)

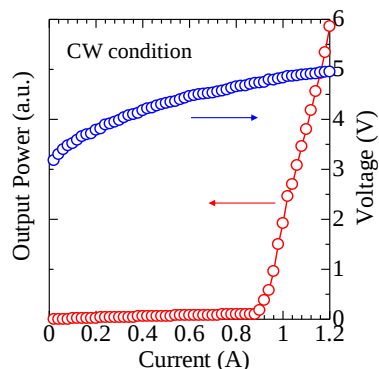


図3:I-V-L特性