

GaN 系フォトニック結晶レーザーの高出力動作

Increase of Output Power 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,石崎賢司², De Zoysa Menaka², 田中良典², 野田進²Stanley Electric CO., LTD.¹, Kyoto Univ.², Kei Emoto^{○1,2}, Tomoaki Koizumi^{1,2}, Kenzo Hibino²,Kenji Ishizaki², Menaka De Zoysa², Yoshinori Tanaka², 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]。これまで主に、近赤外の GaAs 系 PCSEL を中心に高出力化・高ビーム品質化がなされてきた[2]。より短波長の青紫色の GaN 系 PCSEL に関しては、空孔底部に SiO₂ を成膜した後、MOVPE による空孔を残した埋め込み再成長法を用いた初期的なレーザー動作実証もなされたが、閾値電流密度は非常に高く、また、出力も低いこと (<1 mW) が課題であった[3]。そこで、極最近、SiO₂ の底敷きを無くした再成長法で空孔形成する方法を考案・実証し、GaN 系 PCSEL デバイスにおいて、閾値電流密度の大幅な低減に成功した[4]。本発表では、面垂直方向への回折効果が大きい正方格子フォトニック結晶を採用しつつ、光取り出しのための窓構造の電極を配置することで、光出力を大幅に増大することに成功したので報告する。

【実験と結果】作製した GaN 系 PCSEL の構造の断面模式図を図 1 に示す。活性層下部(n 側)に再成長による結晶成長法で形成したフォトニック結晶を配置し、活性層から染み出した光を共振させている。成長後、p 電極、および、光取り出しのための窓状 n 電極を形成し、室温でパルス電流注入を試みた。図 2 に、共振器サイズ 150 μm 角、および、200 μm 角、正方格子(共振波長: ~412 nm) デバイスの電流密度-光出力特性を示す。同図からわかるように、共振器サイズ 150 μm 角、200 μm 角でそれぞれ閾値電流密度~9.8 kA/cm², ~8 kA/cm² での発振が確認され、図 3 に示すように鋭い発光ピークが得られた。電流注入に伴い出力はキンク無しで伸び続け、対称性の高い空孔形状にも関わらず 200 mW 以上のピーク出力を得ることに成功した。さらに図 4 には、共振器サイズ 200 μm 角のレーザー発振時の遠視野像を示しており、広がり角 0.5° 以下という極めて狭い出射角が得られた。この狭い遠視野像の実現は、SiO₂ 下敷きを用いて形成した GaN 系 PCSEL においては困難であった、正方格子におけるコヒーレント発振に初めて成功したことをも示す。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] M. Yoshida et al., Nat. Mater. (2018). <https://doi.org/10.1038/s41563-018-0242-y> [3] H. Matsubara et al., Science **319**, 445 (2008). [4] 小泉他, 2019 年応物春予稿集

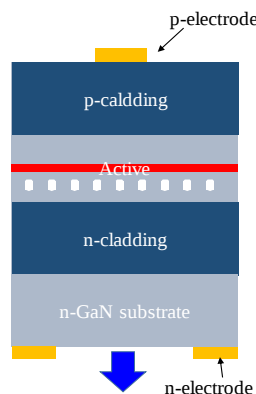


図1:PCSELの断面模式図

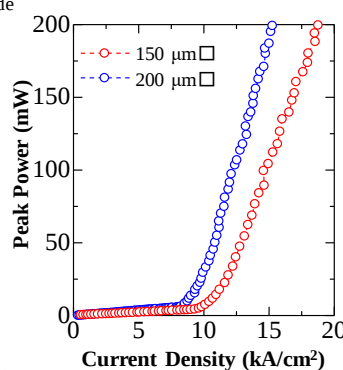


図2:電流密度-光出力特性

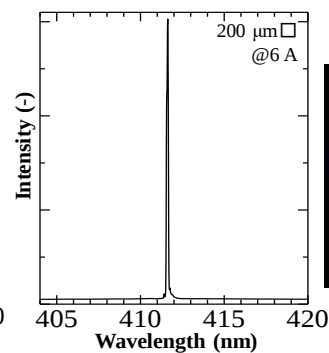


図3:発振スペクトル

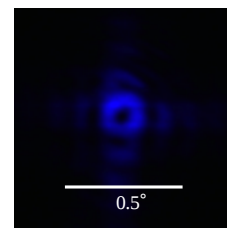


図4:遠視野像