

GaN 系フォトニック結晶レーザーの低閾値電流密度動作の実現

Low-threshold current density operation of GaN-based photonic crystal lasers

スタンレー電気¹, 京大院工², [○]小泉朋朗^{1,2}, 江本溪^{1,2}, 日比野拳三²,

石崎賢司², De Zoysa Menaka², 田中良典², 野田進²

Stanley Electric CO., LTD.¹, Kyoto Univ.², [○]Tomoaki Koizumi^{1,2}, Kei Emoto^{1,2}, Kenzo Hibino²,

Kenji Ishizaki², Menaka De Zoysa², Yoshinori Tanaka², Susumu Noda²

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

【序論】フォトニック結晶レーザー (PCSEL) は活性層近傍に配置した 2 次元フォトニック結晶を大面積共振器として用いる半導体レーザーで、高出力・高ビーム品質の両立が可能な光源である¹⁾。2008 年に GaN 系 PCSEL の電流注入によるレーザー発振の初期実証が行われたが²⁾、フォトニック結晶の作製には、空孔底部に SiO₂ 下敷きを形成し、空孔内部の成長を抑制することで GaN 中に空孔を埋め込む手法が採用された。SiO₂ 下敷きを用いた方法では、空孔の不均一性や、不純物混入 (Si や O) といった問題が発生し、閾値電流密度が極めて高くなるという課題があった。そこで、新たに、SiO₂ 下敷きを用いない空孔形成法を検討し、ファセット成長と平坦化プロセスを組み合わせることで、良好な再成長表面を実現しつつ、GaN 膜中に均一サイズの空孔を形成することが可能であることを見出すことに成功した³⁾。今回、本空孔形成法を用いて GaN 系 PCSEL を作製し、従来よりも大幅に閾値電流密度を低減することに成功したので報告する。

【実験】GaN 膜に形成した空孔に対し、{1-101}ファセットを選択成長することで、まず空孔を閉塞し、その後表面に(0001)面を形成しつつ平坦化する方法³⁾を用いて、GaN 中に空孔を形成した。具体的には、GaN 膜に電子線描画法および ICP ドライエッチングにより正方格子状に配列した真円空孔を形成し、TMG を供給して{1-101}ファセットを成長し、空孔を閉塞した。続いて、TMG の供給を止め、表面の平坦化を行った。埋め込まれた空孔の断面 SEM 像及び AFM 像を図 1 に示す。同図より、GaN 膜中に均一なサイズで空孔が埋め込まれ、またステップ-テラス構造の平坦な表面が得られていることが分かる。空孔埋め込み後、活性層およびクラッド層を成長し、図 2 に示すような PCSEL 構造を形成した。成長後、両面全面電極を形成し、室温でパルス電流駆動を試みた。図 3 に共振器サイズ 200 μ m 角、正方格子 (共振波長: $\sim$ 412 nm) デバイスの電流密度-光出力特性を示す。比較のために、従来の SiO₂ の底敷きを用いて空孔形成したデバイスの特性も併せて示す。同図から、閾値電流密度 $\sim$ 8 kA/cm² でレーザー発振が確認され、従来の PCSEL デバイス ($\sim$ 67 kA/cm²) と比較して、 $\sim$ 1/9 という大幅な閾値電流密度の低減に成功した。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) H. Matsubara *et al.*, Science **319**, 445 (2008). 3) T. Koizumi *et al.*, IEICE Technical Report, LQE2018-106, (2018).

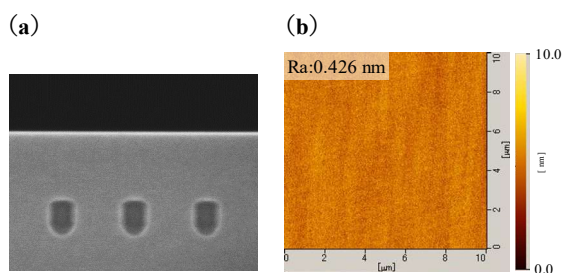


図1: 埋め込み後の空孔形状 (a) 断面SEM像 (b) AFM像

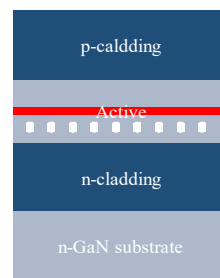


図2: PCSEL の積層構造

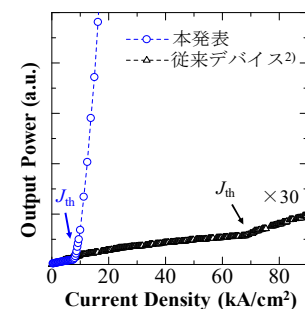


図3: 電流密度-光出力特性