GaN 系フォトニック結晶レーザーの格子定数と閾値電流密度 Relation between lattice constant and threshold current density of GaN-based photonic-crystal lasers

京大院工¹, スタンレー電気² ⁰日比野拳三¹, 小泉朋朗^{1,2}, 江本渓^{1,2}, 石崎賢司¹, De Zoysa Menaka¹, 野田進¹

Kyoto Univ.¹, Stanley Electric CO., LTD², ^OKenzo Hibino¹, Tomoaki Koizumi^{1,2}, Kei Emoto^{1,2}, Kenji Ishizaki¹, Menaka De Zoysa¹, Susumu Noda¹ E-mail: hibino.k@qoe.kuee.kyoto-u.ac.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2次元フォトニック結晶を内蔵した半導体レーザーであり、原理的に大面積でも単一モード発振が可能なことから高出力・高ビーム品質の両立ができるレーザーである[1]。これまで、GaN系 PCSELにおいては、SiO2成膜を用いた空孔形成法で世界初のレーザー発振が実証され[2]、極最近、新たなフォトニック結晶形成法を採用したこと等で、閾値電流密度を従来の1/9程度の8kA/cm²まで低減したことを報告した[3]。高出力化・高効率化のためには、さらなる閾値電流密度の低減が望まれる。PCSELは端面発光型LDと異なり、フォトニック結晶の格子定数で共振波長が決定されるため、活性層の発光波長とPCSELの共振波長を適切に設計することが閾値電流密度の低減に重要な要素の一つである。今回、発光波長と共振波長が閾値電流密度に及ぼす影響について調べるため、フォトニック結晶の格子定数を変化させ、その閾値電流密度について評価を行ったので、その結果を報告する。

【実験と結果】図1に作製した PCSEL の模式図を示す。GaN 基板上に MOVPE 法にて n 側クラ ッド層、光ガイド層を成長し、光ガイド層に電子線リソグラフィー法で正方格子真円空孔を形成 した。このとき、正方格子の格子定数を 158.5 nm~167.5 nm まで振り、7 種類の共振波長を準備 した。空孔形成後、MOVPE 法で表面に {1101}ファセットを選択的に成長し空孔を埋め込み、続 けて、活性層、p 側光ガイド層、クラッド層を順に成長した。成長した基板に、n 電極、 ¢ 200 µm の p 電極を形成し、室温でパルス電流を注入することで光出力-電流特性を測定し、閾値電流密度 を評価した。図 2 に格子定数に対する閾値電流密度の変化を示す。同図に示すように、格子定数 166 nm (発振波長~416 nm) において閾値電流密度が最小値 2.7 kA/cm² となった。続いて図 3 に、 閾値電流密度が最小であった格子定数 166 nm における発振スペクトルと、同一基板上にフォト ニック結晶を形成せずに作製した LED からの EL スペクトルを示す。同図から、活性層の自然発 光ピーク波長に対し、わずかに長波長側に発振ピークが存在していることから、この付近が最大 利得となる波長帯であると考えられる。図 4 にこれまで開発してきた PCSEL の光出力-閾値電流 密度の比較を示す。同図から、新規空孔形成法の採用や共振波長の最適化等により、著しい閾値 電流密度の低減に成功したことが分かる。閾値電流密度の低減により、更なる高出力化が期待で きる。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] 小泉他, 2019 年応物春 11p-W631-16.

