

周期的スロット構造を用いた InGaN 単一モードレーザの作製プロセスの検討

Fabrication Process of InGaN Single-Mode Laser Using Periodically Slotted Structure

阪大院工¹, (株)東芝 研究開発センター² °田附 大貴¹, 楠本 壮¹, 樋口 晃大¹,

田島 純平², 彦坂 年輝², 布上 真也², 上向井 正裕¹, 片山 竜二¹

Osaka Univ.¹, R&D Center, Toshiba Corp.² °Daiki Tazuke¹, So Kusumoto¹, Akihiro Higuchi¹, Jumpei Tajima², Toshiki Hikosaka², Shinya Nunoue², Masahiro Uemukai¹ and Ryuji Katayama¹

E-mail: tazuke.d@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

分布ブラッグ反射型 (DBR) レーザは良好な単一モード発振特性を有し、光集積デバイスの光源に適している。しかし、波長400 nm帯InGaN量子井戸DBRレーザの場合、そのグレーティング周期は約80 nmとなり、作製が非常に困難である。そのため、この波長帯で良好な特性の単一モードレーザの報告例はほとんどない。一方で我々は、800 nm帯であるが高分解能EBリソグラフィや結晶再成長を必要としない、スロットと呼ばれる幅0.5 μm 程度の溝構造を周期的に形成したレーザの単一モード発振に成功しており [1]、このスロット構造は400 nm帯レーザにも適用することができる。本研究では400 nm帯InGaN周期的スロット構造単一モードレーザの設計および、リッジ構造とスロット構造を1度のICP-RIEで同時形成する作製プロセスの検討を行った。

周期的スロット構造単一モードレーザの概略図をFig.1に示す。このレーザは横方向光閉じ込めのためのリッジ構造活性チャネルと、スロットと呼ばれる溝構造を周期的に形成したスロット領域から構成されている。スロット領域のスロット長とリッジ長をそれぞれ1/4波長の奇数倍とすることで、各境界で生じる反射波の位相が揃い、単一モード発振が得られる。スロット領域にも電流注入を行うことで、スロット構造での散乱損失による導波光の減衰を補償することが出来る。スロット側面は垂直で、スロットでの散乱損失はないと仮定して、伝達行列法によりスロット構造全体の反射スペクトルを計算した。スロットでの散乱損失を抑えるため、スロット長は作製可能な範囲で最短の0.45 μm ($11 \times \lambda/4$)と決定した。周期的に反射ピークが現れるが、良好な単一モード発振を得るためには反射ピーク波長間隔を10 nm以上とする必要があり、スロット周期を3.3 μm と決定した。スロット深さ520 nm、スロット数60、モード利得40 cm^{-1} のとき、反射率と透過率はそれぞれ0.35, 1.52と見積もられた (Fig. 2)。

周期的スロット構造レーザの作製プロセスの検討を行った。導波路構造上に周期的スロットパターンを含むストライプパターンを EB 描画した。Ni 蒸着とリフトオフによりハードマスクを形成後、ICP-RIE によってリッジ構造活性チャネルと周期スロット構造を同時に形成した。続いて m 面スロット側壁の垂直性向上のため、KOH ウェットエッチングを行った。作製した活性チャネルと周期的スロット構造の SEM 写真を Fig.3 に示す。 m 面側壁がほぼ垂直のスロット構造が作製できた。その後、プラズマ CVD により SiO_2 絶縁膜を堆積し、BCB を用いたセルフアライメント RIE によりリッジ上部の SiO_2 を除去して Ni マスクを露出させた。Ni マスク上に Au を蒸着し、アニールを行って p 側電極を形成した。基板を研磨後、Ti/Al/Au を蒸着して n 側電極を形成した。最後に劈開により両端面を形成し、高反射/無反射コーティングしてレーザを完成させる。詳細については当日報告する。

謝辞:本研究は科研費 17H01063, 17H05335 の助成を受けたものです。

[1] S. Kusumoto *et al.*, LEDIA, 4-3 (2018).

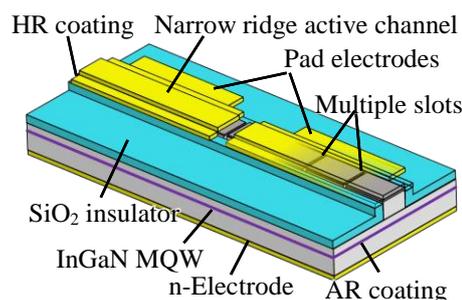


Fig.1 Schematic of tunable single-mode laser with periodically slotted structure.

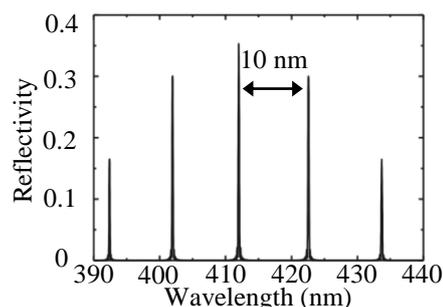


Fig.2 Calculated reflection spectrum of slotted channel.

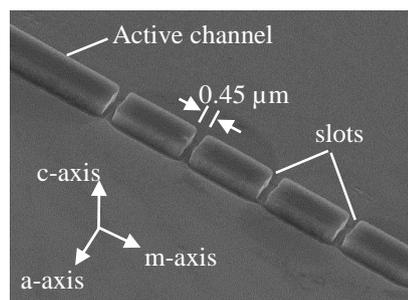


Fig.3 SEM micrograph of fabricated laser.