

周期的スロット構造を用いた InGaN 波長可変単一モードレーザ

Tunable Single-Mode InGaN Laser with Periodically Slotted Structure

阪大院工 ○樋口 晃大, 上向井 正裕, 谷川 智之, 片山 竜二

Osaka Univ. ○Akihiro Higuchi, Masahiro Uemukai, Tomoyuki Tanikawa and Ryuji Katayama

E-mail: higuchi.a@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。特に、InGaN レーザを GaN や AlN を用いた波長変換デバイスと集積することで、コンパクトな 200 nm 帯深紫外光源や 800 nm 帯光子対光源を実現できる。高効率な波長変換デバイスは波長許容幅が非常に狭く、レーザ発振波長を正確に調整する必要があり、波長可変特性を有する 400 nm 帯 InGaN 単一モードレーザが必要となる。400 nm 帯のレーザでは、高次結合 DFB レーザ[1]や外部共振器を用いた波長可変レーザ[2]が報告されているが、外部共振器を必要としない波長可変単一モードレーザの報告はない。我々は周期的スロット構造を採用した 800 nm 帯 GaAsP レーザにおいて単一モード発振と波長可変特性を実証[3]しており、この構造は 400 nm 帯レーザにも適用できる。本研究では、周期的スロット構造を用いた 400 nm 帯 InGaN レーザを作製し、波長可変・単一モード発振を初めて実証した。

InGaN 周期的スロット構造レーザはリッジ型活性チャネルおよび周期的スロット構造で構成される (Fig. 1)。スロット構造の凹凸の長さをそれぞれ 1/4 波長の奇数倍にして、各境界で生じる反射波の位相を揃えることで単一モード発振が得られる。また、スロット領域に電流注入を行うことで波長可変特性が実現できる。伝達行列法を用いて反射スペクトルを計算した。周期的に反射ピークが現れるが、InGaN 量子井戸の利得帯域幅が 20 nm 程度であることを考慮して、反射ピークの間隔が 10 nm となるようスロット周期を 3.3 μm とした。スロット長 0.45 μm 、スロット深さ 520 nm、スロット数 60、利得係数 40 cm^{-1} のとき、反射率と透過率はそれぞれ 0.35 と 1.52 と見積もられた。

InGaN 周期的スロット構造レーザの作製を行った。EB 描画により活性チャネルとスロット構造のパターンを形成した。p 側電極とマスクを蒸着とリフトオフにより形成した。ICP-RIEを用いて活性チャネルとスロット構造を同時に形成した (Fig. 2)。SiO₂ 絶縁膜を形成し、パッド電極を活性チャネルとスロット領域にそれぞれ形成した。基板の研磨後、基板の裏面に n 側電極を蒸着した。劈開により両端面を形成し、出射端面の無反射コーティングを行った。

活性チャネルとスロット領域の p 側電極を接続してパルス電流 (パルス幅: 1.0 μs , duty 比: 1.0%) を注入すると、しきい値電流 223 mA でレーザ発振し、最大出力は 0.37 mW であった。サイドモード抑圧比 18.6 dB の単一モード発振を確認した。両領域の p 側電極を分離し、活性チャネルに 300 mA のパルス電流を注入しながら、スロット領域に CW 電流 (I_{slot}) を 80 mA まで注入していくと、発振波長を 395.9 nm から 396.2 nm まで 0.3 nm シフトさせることに成功した (Fig. 3)。

謝辞: LD エピタキシャルウェハは東芝研究開発センターの彦坂氏、布上氏よりご提供いただきました。本研究は科研費 17H01063, 17H05335, 19H02631 の助成を受けたものです。

[1] T. J. Slight *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 112701 (2018).

[2] M.-H. Chen *et al.*, Opt. Laser Technol. **116**, 68 (2019).

[3] 楠本他, 応物春季講演会, 18p-B203-10 (2018).

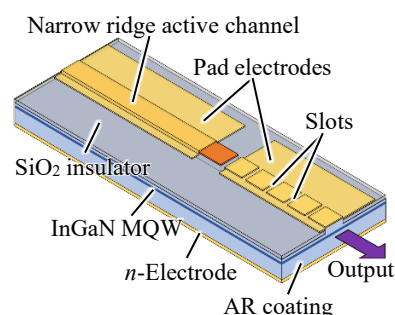


Fig. 1 Schematic of single-mode laser with periodically slotted structure.

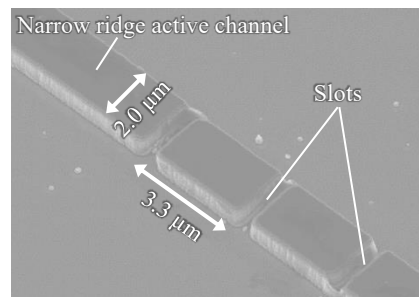


Fig. 2 SEM image of active and slotted channel waveguides.

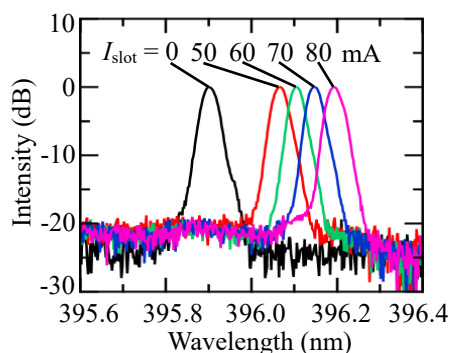


Fig. 3 Wavelength tuning characteristics.