

InGaN 高次結合ディープエッチ DBR レーザ

InGaN High-Order Deeply Etched DBR Laser

阪大院工 ◦樋口 晃大, 松下 就哉, 上向井 正裕, 谷川 智之, 片山 竜二

Osaka Univ. ◦Akihiro Higuchi, Naritoshi Matsushita, 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 400 nm 帯 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制御する必要があり、波長可変性を有する単一モードレーザが必要となる。400 nm 帯の単一モードレーザとして、高次結合ノッチレーザ[1]や 10 次結合 DFB レーザ[2]が報告されており、これらは高分解能リソグラフィおよび結晶再成長を必要としない比較的作製が容易な構造である。さらに DBR レーザとすることで、活性領域と周期構造領域にそれぞれ個別に電流注入を行うことで波長可変性が得られる。我々はスロットと呼ばれる垂直な溝構造を用いた 400 nm 帯 InGaN レーザの波長可変・単一モード発振に初めて成功した[3]。本研究では、400 nm 帯 InGaN 高次結合ディープエッチ DBR レーザを作製し、パルス駆動による単一モード発振を実証した。

InGaN 高次結合 DBR レーザはリッジ型活性チャネルと高次結合 DBR で構成される (Fig. 1)。DBR 領域で高い反射率を得るためには、導波モードと DBR の重なりを大きくするとともに低次回折による放射損失を抑制する必要がある。容量結合型 (CCP) RIE の際に側壁に傾斜が生じることを利用して、マスクの duty 比が 0.5 程度でも DBR の溝下端は duty 比が大きくなり、標準的なリソグラフィを用いて高い反射率が得られる。また、DBR 領域にも電流注入を行うことで波長可変性が得られる。モード結合理論を用いて結合係数 κ と全放射損失係数 α を計算し、高い κ と低い α が同時に得られるようにパラメータを決定した。DBR 次数 11 (周期 902 nm)、溝深さ 530 nm、DBR の溝下端 duty 比 0.79 のとき、 $\kappa = 40.8 \text{ cm}^{-1}$ 、 $\alpha = 6.7 \text{ cm}^{-1}$ となり、DBR 長 200 μm のとき反射率は 0.42 と見積もられた。

InGaN 高次結合 DBR レーザの作製を行った。EB 描画と蒸着・リフトオフにより p 側電極と Ni マスクを形成し、CCP-RIE によりリッジ型活性チャネルと DBR 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。劈開により端面を形成し、出射端の無反射コーティングを行った。

活性チャネルと DBR 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 100 mA でレーザ発振し、190 mA のとき最大のピーク出力は 5.4 mW であった。波長 402.8 nm でサイドモード抑圧比 15 dB 以上の単一モード発振を確認した (Fig. 3)。当日には、DBR 領域に個別に電流注入を行うことで得られる波長可変性についても報告する。

謝辞: 本研究は科研費 17H01063, 17H05335, 19H02631 の助成を受けたものです。LD エピタキシャルウェハは株式会社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。

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

[2] J. H. Kang *et al.*, *IEEE Photon. Technol. Lett.* **30**, 231 (2018).

[3] 樋口他, 応物秋季講演会, 10a-Z02-3 (2020).

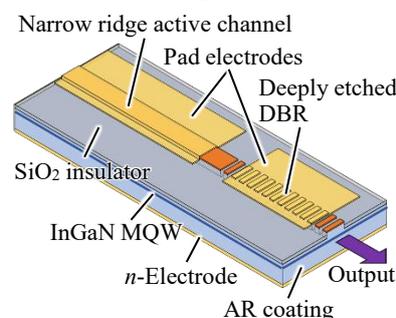


Fig. 1 Schematic of InGaN high-order deeply etched DBR laser.

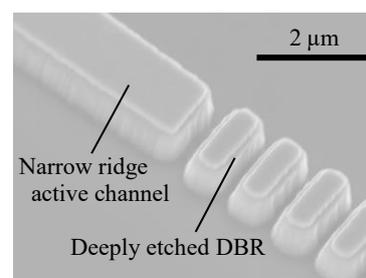


Fig. 2 SEM image of the ridge and deeply etched DBR.

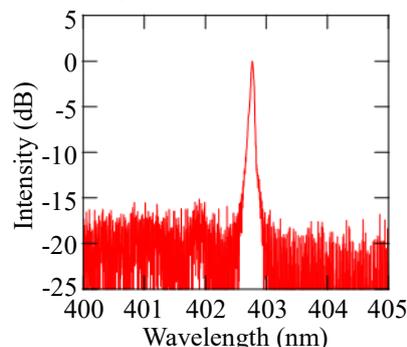


Fig. 3 Emission spectrum at a current of 180 mA.