

## G9-8 曲線グレーティングを用いた高効率 InGaAs 量子井戸分布ブラッグ反射型レーザ

上向井 正裕 北野 和俊 島田 尚往  
大阪大学大学院 工学研究科 電子工学専攻  
uemukai@ele.eng.osaka-u.ac.jp

曲線表面グレーティングとリッジ構造を用いた分布ブラッグ反射型 (DBR) レーザ<sup>[1]</sup>において低しきい値・高効率かつ高サイドモード抑圧比を実現するため、1次結合 DBR グレーティングを採用するとともに DBR 領域を量子井戸無秩序化により低損失化<sup>[2]</sup>することで、曲線 DBR レーザの性能改善を行ってきた。本研究では、高い外部量子効率と高いスペクトル純度が得られるよう曲線 DBR を最適化し、出力端面に低反射コーティングを適用し実装を工夫することで、さらなる性能改善を行い高効率化を実現したので報告する。

単一横モード発振のためのリッジ構造活性チャネル (2.0  $\mu\text{m} \times 600 \mu\text{m}$ ) と、チャネル端からの発散導波光に対して高い反射率が得られる 1 次曲線 DBR (波長 960 nm、周期 153 nm) から構成されるレーザ (図 1) を設計した。InGaAs 歪量子井戸 GRIN-SCH 導波路構造を用い、量子井戸無秩序化により DBR 領域の吸収損失を  $3 \text{ cm}^{-1}$  まで大幅に低減できる<sup>[2]</sup>。DBR 反射率  $R_{\text{DBR}}$  と波長選択性がともに高くなるよう、DBR 結合係数  $\kappa$  を  $130 \text{ cm}^{-1}$  と決定した。DBR 長を 200  $\mu\text{m}$  とすると、 $R_{\text{DBR}}$  と波長帯域幅はそれぞれ 96%、1.6 nm と見積もられた。さらに出力端面反射率  $R_f$  が 5% になるよう低反射コーティングを行うと、しきい値電流は約 50% 増加するが 0.71 という高い外部微分量子効率  $\eta_d$  が得られることが分かった。

まず厚さの異なる  $\text{SiO}_2$  膜堆積と高速熱処理 (860  $^\circ\text{C}$ 、60 秒) により、DBR 領域の量子井戸を選択的に無秩序化した<sup>[2]</sup>。p 型電極を蒸着後、これをマスクとした RIE によりリッジ構造を形成した。曲線走査 EB 描画と 2 段階 RIE により、1 次曲線 DBR を作製した。BCB を絶縁膜としてパッド電極を形成し、基板を 100  $\mu\text{m}$  厚まで研磨した後、n 型電極を形成した。劈開により端面ミラーを形成後、 $R_f$  が 5% となるよう厚さ 170 nm の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜を端面に蒸着し、Cu ヒートシンク上に実装した。

CW 駆動で曲線 DBR レーザの測定を行った。出力光パワーと  $\eta_d$  の注入電流依存性を図 2 に示す。しきい値は 20 mA で、最大出力 251 mW が得られた。注入電流 110 mA まで、0.74 という高い  $\eta_d$  が達成できた。図 3 に注入電流 100 mA のときの発振スペクトルを示す。波長 962 nm の単一モード発振が得られ、1 次 DBR 採用と  $\kappa$  最適化の結果、52 dB という高いサイドモード抑圧比を達成できた。標準量子限界まで 0.5 dB にせまる低雑音が達成できた。今後、高性能化したレーザを応用し、スクイズド光発生実験を行う予定である。

- [1] M. Uemukai, A. Yoshimoto, N. Matsumoto, T. Suhara, H. Nishihara, N. Eriksson and A. Larsson, *Electron. Lett.*, **33**, 1464-1465, 1997.  
[2] N. Shimada, Y. Fukumoto, M. Uemukai, T. Suhara, H. Nishihara and A. Larsson, *IEEE J. Select. Topics Quantum Electron.*, **7**, 350-354, 2001.

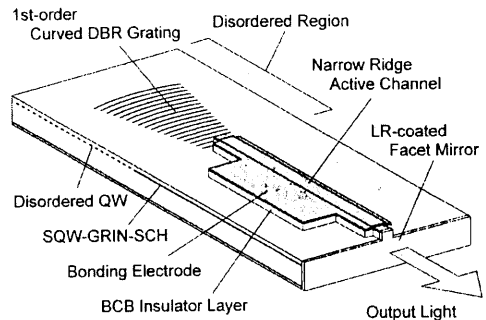


図 1 曲線グレーティングを用いた高効率 DBR レーザ

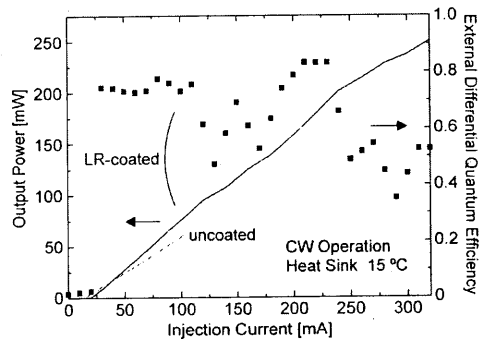


図 2 出力光パワーと外部微分量子効率の注入電流依存性

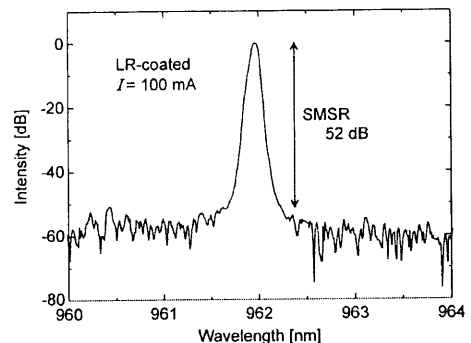


図 3 発振スペクトル