

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^[1]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^[2]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 cm^{-1} まで大幅に低減できる^[2]。DBR 反射率 R_{DBR} と波長選択性がともに高くなるよう、DBR 結合係数 κ を 130 cm^{-1} と決定した。DBR 長を 200 μm とすると、 R_{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 η_d が得られることが分かった。

まず厚さの異なる 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^[2]。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 μm 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 Al_2O_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 η_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 η_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 κ 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.

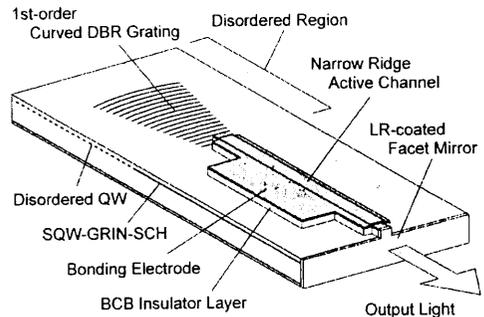


図1 曲線グレーティングを用いた高効率 DBR レーザ

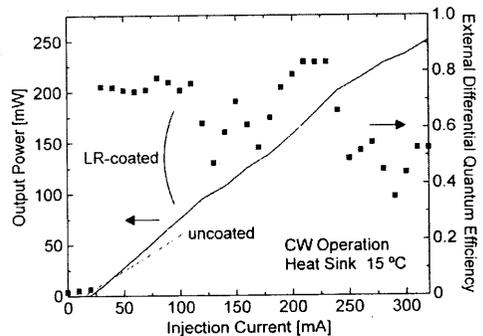


図2 出力光パワーと外部微分量子効率の注入電流依存性

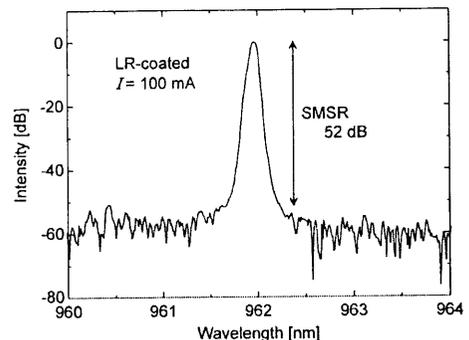


図3 発振スペクトル