

量子ドット DFB レーザの広い温度範囲での低消費電力動作

Low Power Consumption Operation of QD-DFB under Wide Temperature Range

○羽鳥 伸明、鄭 錫煥、田中 有 (PETRA)、
 ○Nobuaki Hatori, Seok-hwan Jeong, Yu Tanaka (PETRA),
 E-mail: n-hatori@petra-jp.org

はじめに データセンター内での小型光モジュールの適用が検討され、そこで用いる光源に求められる特性として、低消費電力動作・温度安定性が挙げられる。量子ドット(QD)レーザは、温度特性に優れ高温時の消費電力増加を抑えられる[1]、反射光耐性に優れアイソレータフリー動作が可能[2]であり低コスト実装が期待できる、といった小型モジュール用光源に適した特性を有している。本報告では、QD DFB レーザ[3]のデータセンター向けモジュールへの適応可能性を探るために、1.3 μm 帯 QD レーザを用いて、広い温度範囲において高光出力特性・低消費電力動作・単一モード動作を実証したので報告する。

発振波長検討 回折格子の結合係数 κ を 30cm^{-1} ・素子長 $500\mu\text{m}$ とし、端面を AR/HR 膜を形成した場合、DFB のしきい値利得は 10cm^{-1} 程度である。QD 活性層の利得を、最大利得 50cm^{-1} ・利得幅 36nm のガウシアン型利得スペクトルを持つとし、 15°C で利得の中心波長を 1270nm とした。利得がしきい値利得の 10cm^{-1} を超えるのは、およそ 1240nm から 1300nm の波長範囲である。 85°C においては 1286nm から 1348nm の波長範囲でしきい値利得以上の利得をもつ。小型モジュールの動作環境温度を 0°C から 70°C としたときに、モジュール内の光源周囲の温度が 15°C から 85°C となるとして、QD DFB が動作するための波長設定は、およそ 1286nm から 1300nm の範囲となる。

実験 QD DFB レーザを作製し、光出力特性・消費電力・スペクトル特性を評価した。QD 活性層は、GaAs 基板上に自己形成した InGaAs 系 8 層積層構造で、 25°C で 1275nm に PL ピーク波長を持つ。高光出力と高温特性を両立するように p 型ドーピング条件を最適化している[1]。DFB の波長が、およそ 1286nm から 1306nm の範囲を網羅するように、QD の利得ピークから $20\text{nm}(\lambda_1)$ 、 $25\text{nm}(\lambda_2)$ 、 $30\text{nm}(\lambda_3)$ 、 $35\text{nm}(\lambda_4)$ 分、長波長側へ離調を設定した。図 1 に作製した QD DFB レーザの 20°C と 85°C での光出力特性結果を示す。波長 λ_1 と λ_2 の素子は、低温での光出力特性は良好であるが、 85°C での光出力は劣化が大きい。これは電流注入による活性層の温度上昇による。一方で、 λ_3 および λ_4 は、高温での劣化度合いが小さい。この結果から 85°C までの動作温度を考えると、離調は 30nm 以上が必要である。

図 2 に、 λ_4 素子の、 10mW 光出力時の消費電力の温度依存性を示す。離調と、QD の高温特性の効果で、消費電力に大きな温度依存性は見られない。最も消費電力が大きいのは 20°C 時で 80mW 以内での低消費電力動作をしている。図 2 内に、各温度での 10mW 出力時の発振スペクトルを示す。 20°C から 85°C までの広い温度範囲で、 45dB 以上の横モード抑圧比の良好な単一モード動作を確認できた。

本結果より、QD-DFB において適切な離調を選択することで、高温での消費電力の増大が抑制されており、光インターコネクト用小型光モジュールのための、単一波長光源としての可能性を示すことができた。今後、シリコンフォトニクス技術と組み合わせる小型、高密度なオンパッケージ型光トランシーバへの適用が期待できる。

謝辞 本研究は、NEDOの「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」により委託を受けたものである。

参考文献 [1] N. Hatori et. al., Photonics 2015, 2(2), 355. [2] K. Mizutani et. al., ECOC2015 P.4.7. [3] K. Takada et. Al., Electron. Lett., 2011, 47(3) p206.

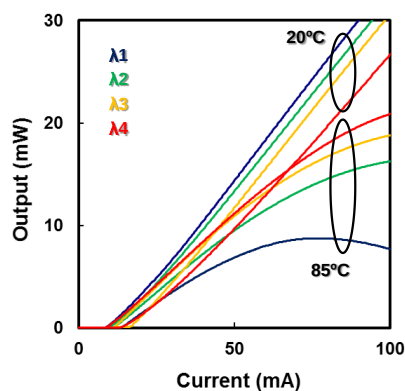


Fig. 1 I-L characteristics of QD-DFB

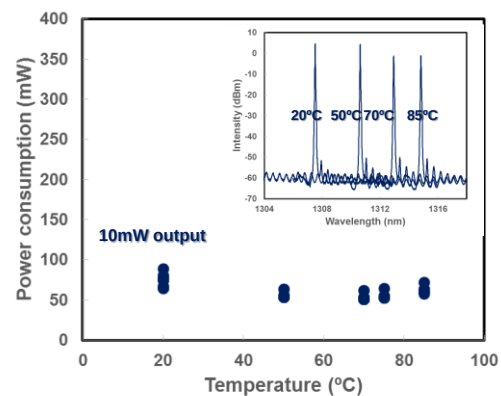


Fig.2 Power consumption and lasing spectra.