

共振点シフト DFB-LD のレーザー特性に及ぼす回折格子の結合係数と形状の影響

Effect of Coupling Coefficient and Shapes of Gratings on Laser Characteristics in Resonance Shifted DFB-LDs

立命館大学大学院 理工学研究科 二河 一太郎, 沼居 貴陽
 Grad. School of Sci. & Eng., Ritsumeikan Univ., Ichitaro Niko and Takahiro Numai
 E-mail: numai@se.ritsumei.ac.jp

1. 研究背景と目的

長距離大容量光ファイバー通信システムにおいて, 安定した単一軸モード動作が得られる $\lambda/4$ シフト分布帰還型半導体レーザー(Distributed Feedback Laser Diode, DFB-LD)が広く用いられている[1]. LD からの両端面光出力のうち, 後方端面からの光出力はモニター光として用いられる. $\lambda/4$ シフト DFB-LD の前方/後方端面光出力比は 1 であるため, 後方端面からの光出力は, モニター光用の光出力としては十分すぎるほど大きい. 全光出力が一定の状態でも前方/後方端面光出力比を非対称にできれば, 電力/光変換効率を改善できると期待される. そこで安定した単一軸モード動作と非対称な前方/後方端面光出力比を両立することを目的として, 本研究室において, 共振点シフト DFB-LD を提案し, 領域 1 と 2 の長さの比が 2:1 のとき, 前方/後方端面光出力比 67.6 を得ている[2].

本研究の目的は, 共振点シフト DFB-LD において, レーザー特性に及ぼす回折格子の結合係数と形状の影響を明らかにし, 前方/後方端面光出力比, 電力/光変換効率の向上に寄与することである.

2. 構造

図 1(a)に共振器軸方向に沿った解析モデルを示す. 共振点シフト DFB-LD は領域を二つに分け, 片方の領域の回折格子のピッチを変えることで, 安定した単一軸モード動作と非対称な光出力の両立が期待できる半導体レーザーである. 本研究では回折格子の形状を矩形波, 正弦波, 三角波とし, それぞれの形状を図 1(b)に示す. 回折格子の結合係数は, 深さによって調整する.

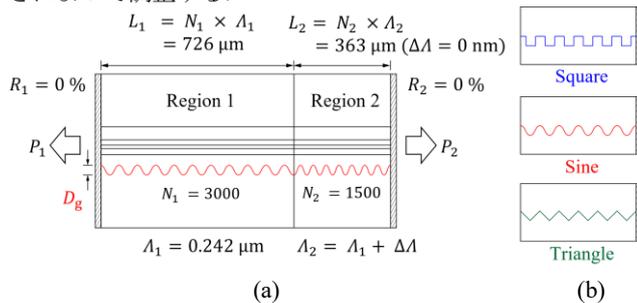


Fig.1 (a) Analytical model and (b) shapes of gratings.

3. シミュレーション結果

注入電流 10.55 mA のときの結合係数と前方/後方端面光出力比 $R = \max\{P_1/P_2, P_2/P_1\}$ との関係を図 2(a)に示す. 回折格子の形状が正弦波で結合係数が 82.4 cm^{-1} のとき, これまでで最も高い前方/後方端面光出力比 $R = 252$ が得られた. このとき, ΔA は 0.20 nm である. どの形状の回折格子に対しても, 結合係数が増加すると前方/後方端面光出力比が増加した. しかし, 結合係数がほぼ同じでも回折格子の形状によって最大前方/後方端面光出力比に違いが出た.

図 2(b)に結合係数と単一軸モード動作が安定して得られる最大の電流値との関係を示す. 大きい前方/後方端面光出力比が得られた結合係数 80 cm^{-1} 付近において, どの形状においても注入電流 15 mA より大きい電流値では多軸モード動作した. これは領域 1 のストップバンド端にある二つの

モードが発振したためである. また, 正弦波, 矩形波で結合係数 64.0 cm^{-1} 以下のとき, 注入電流 20 mA 以上で単一軸モード動作したのに対して, 三角波で結合係数 51.9 cm^{-1} , 70.6 cm^{-1} のとき, 単一軸モード動作した注入電流の最大値はそれぞれ 13 mA, 12 mA であった.

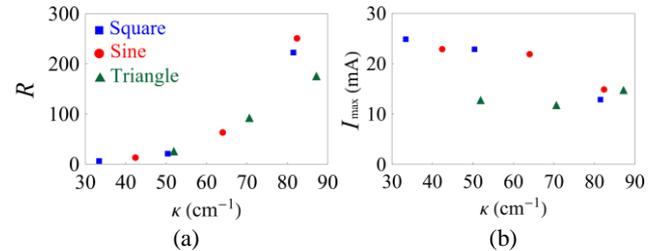


Fig.2 (a) Front/rear light output ratio R and (b) the largest injection current with SLM operation I_{\max} as a function of the coupling coefficient κ .

図 3 は光出力と前方端面における電力/光変換効率との関係を表している. 回折格子の形状が正弦波, 三角波のとき, 電力/光変換効率は, 光出力に対して飽和傾向を示しながら増加した. 三角波に対する前方/後方端面光出力比は, 正弦波に対する前方/後方端面光出力比よりも小さかった. しかし, 三角波に対する電力/光変換効率は, 正弦波に対する前方/後方端面光出力比とほとんど同じであった. 光出力 3.39 mW において, 矩形回折格子に対する電力/光変換効率は, 三角波や正弦波に対する電力/光変換効率よりも著しく小さくなった.

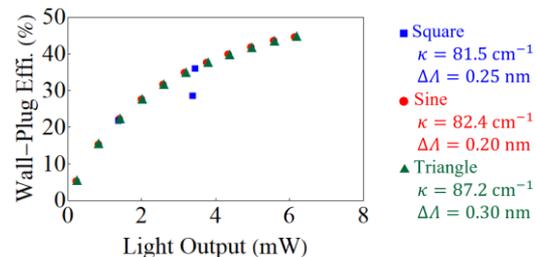


Fig.3 Wall-plug efficiency as a function of light output

4. まとめ

共振点シフト DFB-LD において, レーザー特性に及ぼす回折格子の結合係数と形状の影響を明らかにすることを目的として研究した. どの形状の回折格子に対しても, 結合係数が増加すると前方/後方端面光出力比が増加した. そして, 注入電流が 15 mA より大きいとき, どの形状の回折格子に対しても多軸モード動作した. 前方/後方端面光出力比は正弦波の回折格子に対して最大となり, 電力/光変換効率は正弦波, 三角波の回折格子に対して最大となった.

参考文献

- [1] T. Numai, "Fundamentals of Semiconductor Lasers" Second Edition (Springer, 2014)
- [2] K. Ichikawa, S. Ito, and T. Numai, Optik, Vol.127, pp.12078-12084, 2016.