

結合係数の異なる領域を有する共振点シフト DFB-LD における 前方/後方端面光出力比の向上

Enhancement of Front/Rear Facet Light Output Ratio in Resonance-Shifted DFB-LD with Different Coupling Coefficient Regions

立命館大学大学院 理工学研究科 吉村 大樹, 沼居 貴陽

Grad. School of Sci. & Eng., Ritsumeikan Univ., Daiki Yoshimura 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通信システムの信号光源として用いる半導体レーザーには、安定した単一軸モード動作が要求される。最も安定に単一軸モード動作する半導体レーザーは、位相シフト DFB-LD である[1]。位相シフト DFB-LD の前方端面からの出力光は信号光として用いられ、後方端面からの出力光はモニター光として用いられる。位相シフト DFB-LD の前方/後方端面光出力比は約 1 であり、後方端面からの出力光はモニター光として用いるには十分すぎるほど大きい。そこで、全光出力を一定に保ったままで前方/後方端面光出力比を非対称化することができれば、電力/光変換効率を改善できると期待される。

安定した単一軸モード動作をしたうえで、非対称な前方/後方端面光出力比を実現することを目的として、共振点シフト DFB-LD が提案されている。共振点シフト DFB-LD において、領域 1 と領域 2 の領域長比を 2:1 としたとき、前方/後方端面光出力比として 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、領域 1 の一部に結合係数の異なる領域を設けたときのレーザー特性を明らかにし、前方/後方端面光出力比の非対称化による電力/光変換効率を向上することである。

2. 構造

Fig.1 に解析モデルを示す。共振点シフト DFB-LD は、回折格子のピッチが異なる領域 1 と領域 2 の二つの領域から構成され、回折格子のピッチ差 ΔA を適切な値に設定することで、単一軸モード動作と前方/後方端面光出力比の非対称化を同時に実現する。

本研究では、領域 1 に結合係数の異なる領域を選択的に設けて、この領域の結合係数 κ_2 をパラメーターとした。領域 1 の周期数を 3000 とし、領域 2 の周期数を 1500 とした。領域 1 のうち、結合係数の異なる領域の左側の領域の周期数と結合係数の異なる領域の周期数をそれぞれ、 N_{11} , N_{12} とした。今回は、この N_{11} と N_{12} を $N_{11}=200$, $N_{12}=200$ としてシミュレーションした結果を報告する。なお、 $\Delta A=0$ のときの全共振器長は $L=N_1 \times A_1 + N_2 \times A_2=1089 \mu\text{m}$ である。回折格子の結合係数 κ_1 は 64 cm^{-1} である。また、両端面のパワー反射率は 0% とした。

3. シミュレーション結果

今回の条件 $N_{11}=200$, $N_{12}=200$, $\kappa_2=45 \text{ cm}^{-1}$ に対して、注入電流が 10.55 mA のときの前方/後方端面光出力比 R を ΔA の関数として Fig.2(a) に示す。前方/後方端面光出力比 R は、 $\Delta A=0.15 \text{ nm}$ のとき 113.3 であり、 $\Delta A=0.2 \text{ nm}$ のとき最大値 118.8 をとった。

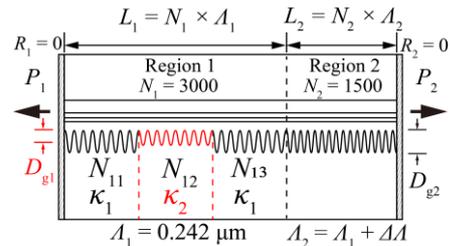


Fig.1 Analytical model.

Fig.2 (b)に $\Delta A=0.15 \text{ nm}$ と $\Delta A=0.2 \text{ nm}$ に対する電力/光変換効率を前方端面光出力の関数として示す。 $\Delta A=0.2 \text{ nm}$ のとき、注入電流 6mA から 12mA の範囲において単一モード動作した。これに対して $\Delta A=0.15 \text{ nm}$ のとき、6mA から 14mA, 18mA から 22mA の範囲において単一軸モード動作した。これらの結果から、 $\Delta A=0.15 \text{ nm}$ のときの方が単一軸モード動作の安定性が高いといえる。光出力 1 mW における電力/光変換効率は $\Delta A=0.15 \text{ nm}$ のとき 15.9 %、 $\Delta A=0.2 \text{ nm}$ のとき 15.7% であった。また、光出力 10 mW における電力/光変換効率は $\Delta A=0.15 \text{ nm}$ のとき 51.0 % であり、 $\Delta A=0.2 \text{ nm}$ のときは二モード発振した。

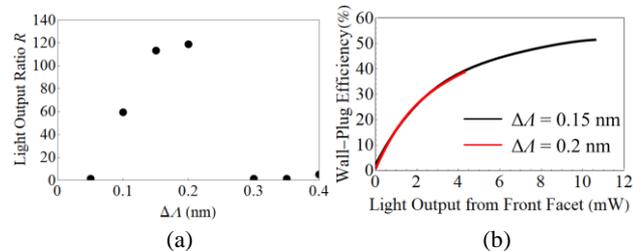


Fig.2 (a) Front/rear facet light output ratio R as a function of ΔA and (b) wall-plug efficiency as a function of light output from the front facet.

4. まとめ

結合係数の異なる領域を有する共振点シフト DFB-LD の特性をシミュレーションした。 $N_{11}=200$, $N_{12}=200$, $\Delta A=0.15 \text{ nm}$, $\kappa_2=45 \text{ cm}^{-1}$ のとき、光出力 1 mW における電力/光変換効率が最大となり、従来の前方/後方端面光出力比 $R=67.6$ [2] よりも大きい $R=113.3$ が得られた。そして、前方/後方端面光出力比が最大になるとき、電力/光変換効率が最大になるとは限らないことも明らかになった。

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.