

利得飽和を考慮した半導体レーザーレート方程式の導出

Derivation of Laser Diode Rate Equations with Consideration of Gain Saturation

阪府大院工 ○松山哲也, 和田健司, 堀中博道

Osaka Pref. Univ., ○T. Matsuyama, K. Wada, H. Horinaka

E-mail: matsu@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに 半導体レーザーをピコ秒パルス光源として利用するためには、その動特性を正確に把握する必要がある。我々は、従来用いられてきた放物線型利得ではなく、より適切な利得表現を用いて発振スペクトルを再現することを目的に、直接遷移モデルをもとにした多モードレート方程式を提案してきた[1]。本研究では 1550nm 帯半導体レーザーを対象として、キャリア数増加に伴う利得飽和の影響を取り入れた多モードレート方程式を導出し、その影響について検討を行った。

キャリア密度増加に伴う利得飽和の影響 1550nm を中心モード (モード番号 0) とし、短波長側を+, 長波長側を-として、それぞれ 25, 合計 51 の縦モードに対して、直接遷移モデルをもとに縦モード利得のキャリア密度依存性を計算した。キャリア密度の増加に伴う利得飽和の影響を取り入れた縦モード利得として、

$$g_n = \frac{G_{0n}(N-N_{0n})}{1+\varepsilon_n N} \quad \dots (1)$$

を定義した。ここで G_{0n} は微分利得, N_{0n} は透明キャリア密度, ε_n はキャリア密度に対する利得飽和係数であり, n はモード番号である。上式を用いて各縦モード利得をフィッティングすることにより、各縦モード利得に対する係数 G_{0n} , N_{0n} , ε_n の値を求めた。さらに各係数を発振波長 (モード番号) の m 次関数でフィッティングすることにより、縦モード利得の近似式を得た。モード番号 n の 5 次式として求めた各係数の値を式(1)に代入し、キャリア密度を走査パラメータとして利得スペクトル計算した結果を図 1 に示す。また、この利得表現のもとで、半導体レーザーを利得変調条件で発振させたときの出力光パルスの多モード強度スペクトルを数値計算した(図 2)。図 1, 図 2 とも直接遷移モデルを用いた計算結果と良く一致していることから、式(1)による縦モード利得表現が直接遷移モデルによく対応することがわかった。 [1] K. Wada et.al., Opt. Express 19, 3019-3036

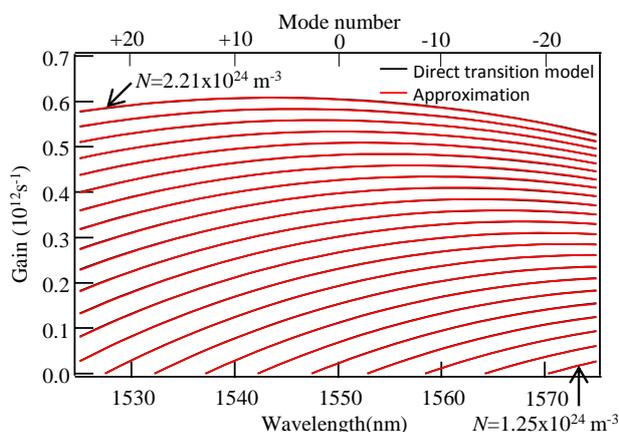


Fig.1 Gain spectra when the carrier density is varied from $1.25 \times 10^{24} \text{ cm}^{-3}$ to $2.21 \times 10^{24} \text{ cm}^{-3}$ in $0.04 \times 10^{24} \text{ cm}^{-3}$ steps.

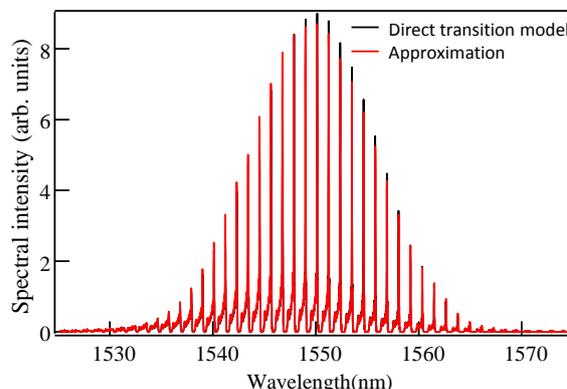


Fig.2 Power spectra of gain-switched pulse from a multi-mode laser diode.