

C-315

DFB レーザの結合係数自動抽出プログラム

Automatic Coupling-Coefficient Extraction Program for Semiconductor DFB Lasers

◦名倉徹, 佐藤健二, ヘルト・モルティエル*, ルル・バーツ*, 中野義昭, 多田邦雄

◦Tooru Nakura, Kenji Sato, Geert Morthier*, Roel Baets*, Yoshiaki Nakano and Kunio Tada

東京大学工学系研究科 / ゲント大 INTEC*

Dept. of Electronic Eng., Univ. of Tokyo / INTEC, Univ. of Gent*

はじめに

現在、光通信の光源として、単一モード性に優れたDFBレーザが主に使われている。しかし、DFBレーザのデバイスパラメータの測定方法、特に結合係数 κ の測定方法はあまり確立されていない。ここでは、屈折率結合(IC)DFB/利得結合(GC)DFB/位相シフトDFB/AR-HRコートIC-DFB、いずれのレーザにおいても適用できるパラメータ抽出の方法を開発し、良好な結果を得たので報告する。

2.方法

デバイスパラメータを与えると、その閾値下スペクトルを計算することができる。したがって、閾値下スペクトルを測定し、それに最小二乗法を用いてフィッティングを掛けることにより、逆にデバイスパラメータを決定できる。この方法により、結合係数 κ_i, κ_g 、等価屈折率 n_{eff} とその波長分散 $dn_{eff}/d\lambda$ 、利得プロファイル $g = g_1 - g_2(E - E_p)^2$ 、両端面の端面位相 θ, ϕ を、また位相シフトレーザでは、実際の位相シフト量も求めることができる。

さらに、as-cleaved, AR-HRコートのレーザでは、初期値も自動で算出できるようになり、したがって、測定スペクトルから全自動でパラメータを抽出することが可能となった。右図に位相シフトDFB、AR-HR IC-DFB、as-cleaved GC-DFBレーザの測定スペクトル、それをもとに計算された初期値、さらにフィッティングを掛けた結果のスペクトルを、抽出された結合係数の値とともに示す。いずれの場合もうまくフィッティングが掛かっていることが分かる。

3.誤差評価

フィッティングは、次の値が最小となるように行われる。

$$\chi^2 \equiv \sum_{i=1}^N \{y_i - g(\lambda_i; \mathbf{a})\}^2 / \sigma^2$$

その最小値を χ_{min}^2 、パラメータを \mathbf{a}_{fit} とする。いま、許容できる χ^2 の範囲を広げて $\chi_{min}^2 + \Delta\chi^2$ とすると、 \mathbf{a} の取り得る範囲が \mathbf{a}_{fit} の周りに広がる(Fig.4)。統計学によると、測定誤差が正規分布するとして $\Delta\chi^2 = 9$ の範囲に \mathbf{a} の94.5%が収まる。この方法を適用して求めた誤差範囲は、Fig.1では $43.5 \leq \kappa_i \leq 49.3[\text{cm}^{-1}]$ 、Fig.2では $35.3 \leq \kappa_i \leq 38.3[\text{cm}^{-1}]$ 、Fig.3では $32.4 \leq \kappa_i \leq 36.6[\text{cm}^{-1}]$ 、 $-10.6 \leq \kappa_g \leq -6.4[\text{cm}^{-1}]$ であった。

まとめ

DFBレーザの閾値下スペクトルに最小二乗法でフィッティングを掛けることにより、結合係数 κ を含む様々なパラメータを決定できる。この方法により、as-cleaved, AR-HRコートのレーザでは、測定スペクトルからコマンド1つでパラメータを決定できるようになった。

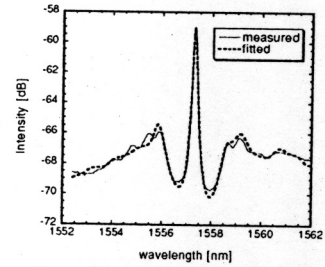


Fig.1 $\lambda/4$ phase shifted DFB
 $\kappa_i = 47.9[\text{cm}^{-1}]$

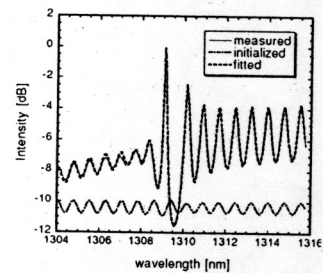


Fig.2 AR-HR coated IC-DFB
 $\kappa_i = 36.8[\text{cm}^{-1}]$

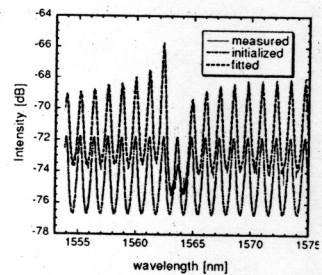


Fig.3 GC-DFB
 $\kappa_i = 34.5[\text{cm}^{-1}], \kappa_g = -8.5[\text{cm}^{-1}]$

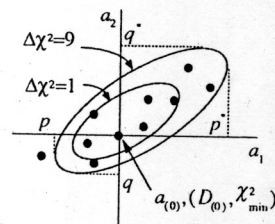


Fig.4 Error ranges