

フォトニック結晶レーザにおける不均一ポンピング効果の理論解析

Theoretical Analysis of spatially distributed pumping in Photonic-Crystal Surface-Emitting Lasers

京大院工¹、ACCEL JST² ○北川 均^{1,2}, 梁 永^{1,2}, 中川 翔太^{1,2}, J. Gellela^{1,2}, 野田 進^{1,2}
 Kyoto Univ. ○H. Kitagawa^{1,2}, Y. Liang^{1,2}, S. Nakagawa^{1,2}, J. Gellela^{1,2} and S. Noda^{1,2}
 kitagawa@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

高出力、高輝度な面発光型半導体レーザ光源として期待されているフォトニック結晶レーザ(PCSEL)¹⁾は、実験的に、発光面積 $200\mu\text{m}^2$ 角、CW駆動で光出力 1.5W (単一モード出力 0.5W)が達成されている²⁾。前回の報告³⁾にて我々は、3次元結合波理論⁴⁾をポンピングに空間分布をもたせた場合に適用し(式1)、基本モードと高次モードの実効閾値利得差を制御できることを示した。

$$(\delta + i\alpha) \begin{bmatrix} R_x \\ S_x \\ R_y \\ S_y \end{bmatrix} = (\mathbf{C} - i(\Delta g(x, y) - \overline{\Delta g(x, y)})\mathbf{I}) \begin{bmatrix} R_x \\ S_x \\ R_y \\ S_y \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} \partial_x R_x \\ -\partial_x S_x \\ \partial_y R_y \\ -\partial_y S_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで R_x, S_x, R_y, S_y は結合波振幅、 $\delta, \alpha, \mathbf{I}$ はそれぞれ波数 $2\pi/a$ (a はフォトニック結晶の格子定数) からの波数離調、実効閾値利得、単位行列を表す。また $\mathbf{C}$ は回折効果を表す行列であり、面内1次元、2次元回折および面外への放射の項を含んでいる。 $\Delta g(x, y)$ は均一ポンピング利得からの差分利得($\bar{\Delta g}$ はその空間平均)で空間分布をもつ ($\Delta g(x, y)$ を定数とした場合が従来の結合波方程式)。均一ポンピングした場合に比べ不均一ポンピングにより、モード分布とポンピングの空間分布の重なりが大きくなる場合、実効閾値は小さくなり、逆に重なりが小さい場合は実効閾値が大きくなる。基本モードは共振器中央部に強く分布し、(一次の)高次モードは共振器周辺に強く分布する。このことから共振器中央に中心をもつGaussian空間分布型ポンピング(幅 w_p)により単一モード動作が安定化することが期待される。(1)式を用いて計算した、Gaussian空間分布型ポンピングにおける基本モードと(一次の)高次モードとの実効閾値差をFig. 1に示す(g_A は $\Delta g(x, y)$ の最大値)。適切なポンピング分布により実効閾値差を大きくできることがわかる。実際に与えるべき利得空間分布は、基本モードの実効閾値 α ((1)式の解)が平均値となるように与えられる。これは電極構造を空間分布配置させることによって実現でき

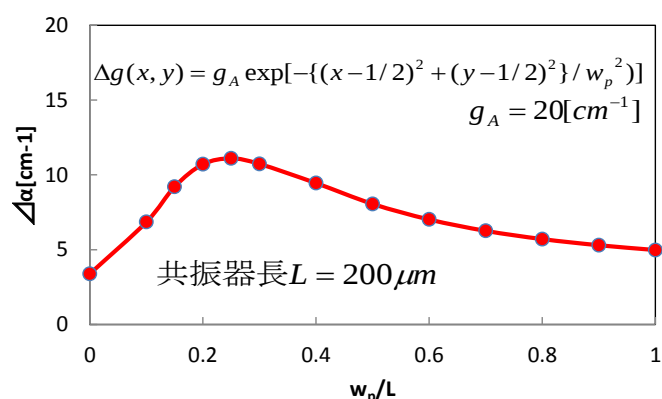


Fig.1: Gaussianポンピング幅と基本モード、(一次の)高次モード間の実効閾値利得差

る。詳細は当日の発表にて述べる予定である。本研究の一部は、ACCEL JSTならびに文科省光拠点の援助を受けた。【文献】1) E. Miyai *et al.*, *Nature*, **441**, 946 (2006). 2) K. Hirose, *et al.*, *Nature Photon.* **8**, 406 (2014). 3) 北川, 他, 2014年秋応物 17p-PA2-3. 4) Y. Liang, *et al.*, *Opt. Express* **20**, 15945 (2012).