

フォトニック結晶レーザにおける温度分布の影響の理論解析

Theoretical Analysis of the effect of temperature distribution in Photonic-Crystal Surface-Emitting Lasers

京大院工¹、ACCEL JST² ○北川 均^{1,2}、田中良典^{1,2}、Menaka De Zoysa^{1,2}、中川 翔太¹、J. Gellera^{1,2}、
野田 進^{1,2}

Kyoto Univ. ○H. Kitagawa^{1,2}、Y. Tanaka^{1,2}、Z. Menaka^{1,2}、S. Nakagawa¹、J. Gellera^{1,2} and S. Noda^{1,2}
kitagawa@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】フォトニック結晶レーザ(PCSEL)¹⁾は発光面積 $200\mu\text{m}$ 角、CW駆動でワット級の単一モード動作を達成しており、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²⁾。このような高

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

$$\Delta\delta(x, y) = \left(\frac{dn}{dT}\right)_{\text{GaAs}} \frac{\omega_0}{c} \Delta T(x, y) \quad (2)$$

出力発振においてはデバイス内部の温度上昇は無視できなくなり、特に共振器内の温度分布は単一モード発振の安定性に影響を与えると考えられる。この影響を考察するため今回我々は3次元結合波理論³⁾を屈折

率に空間分布がある場合に適用した(1),(2)式)。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、閾値利得、単位行列を表し、 $\mathbf{C}$ は回

折効果を表す行列で、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。 $\Delta T(x, y)$ は共振

器内の温度分布、 n_{eff} はフォトニック結晶領域の有

効屈折率、 ω_0 はBragg周波数、 c は光速を表す。また、 $(dn/dT)_{\text{GaAs}}$ はGaAsの屈折率温度係数を表す

($2.67 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$)。【結果】(1), (2)式を用いて計算

した、ダブルホール格子点⁴⁾PCSEL(デバイスサイズ

$300\mu\text{m}$)における、基本モードと最低高次モードとの閾値利得差($\Delta\alpha$)を図1に示す。ダブルホール格

子点PCSELはシングルホール格子点PCSELに比べ Δ

α を大きくでき、単一モード発振の安定性を向上させる構造として提案されている。図1から、共振器内温

度差(ΔT_m)が小さい場合は確かに $\Delta\alpha$ が大きなバ

ンド端Aで発振するが、 ΔT_m が大きくなると $\Delta\alpha$ が小さ

なバンド端Bでの発振に変化することが予測される。詳細は当日の発表にて報告する予定である。【謝辞】

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) Y. Liang, *et al.*, *Opt. Express* **20**, 15945

(2012). 4) Y. Liang, 他, 2014年秋応物18p-C8-7.

出力発振においてはデバイス内部の温度上昇は無視できなくなり、特に共振器内の温度分布は単一モード発振の安定性に影響を与えると考えられる。この影響を考察するため今回我々は3次元結合波理論³⁾を屈折

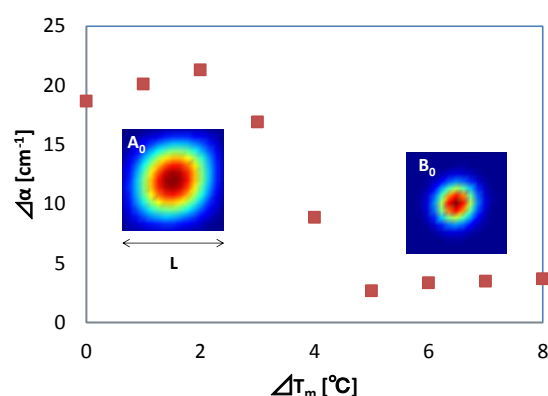


図 1: ダブルホール格子点 PCSEL における閾値利得差($\Delta\alpha$)の共振器内温度差(ΔT_m)依存性の理論計算結果。 ΔT_m が大きくなると、 $\Delta\alpha$ の大きいバンド端 A から $\Delta\alpha$ の小さいバンド端 B へと発振モードが変化する。図中にはバンド端 A、B それぞれにおける基本モード A_0 、 B_0 のモード強度分布を共に示してある。