

# 部分的な利得領域を有するスタジアム形カオス共振器のモード解析

## Mode analysis for a stadium-shaped chaotic microcavity with a partial gain region

岡山県立大 ◯福嶋 丈浩, 長野 晃太

Okayama Pref. Univ., ◯Takehiro Fukushima, Kouta Nagano

E-mail: fuku@c.oka-pu.ac.jp

【はじめに】二次元共振器レーザの発振モードは共振器の形状に依存する．これまで様々な形状を有する二次元共振器半導体レーザが製作され，発振モードが調べられている[1,2]．しかしながら，電流注入型レーザを製作する際には共振器周辺部にわずかな非励起領域が生じる．前回，共振器周辺部に非励起領域を有する円形共振器に対してモード解析を行ったところ，半径方向の節の数が大きい高次のウイスパリングギャラリーモードが高い光学利得を受けることを報告した[3]．今回，光線軌道が不規則な振る舞いを示すスタジアム形のカオス共振器[1]に対して非励起領域が与える影響を調べたので報告する．

【解析モデル】モード解析には有限要素法に基づく解析ソフトウェア COMSOL Multiphysics<sup>®</sup>を用いた．図1に解析モデルを示す．共振器の形状は一辺が  $3.0\ \mu\text{m}$  の正方形に半径が  $1.5\ \mu\text{m}$  の2つの半円を繋げたスタジアム形とした．共振器内部の屈折率  $n$  は半導体レーザを想定して  $3.3$  とし，共振器の外側の屈折率は真空を想定して  $1.0$  に設定した．共振器の外周から内側に幅  $W$  の領域は非励起とし，共振器の中心部にのみ利得を与えた．利得は消衰係数（複素屈折率虚部）に負の値 ( $-\kappa$ ) を設定することで取り入れた[3]．今回の解析では材料そのものの損失はゼロとした．以下の説明では， $\kappa$  の値を利得係数と呼ぶことにする．解析領域は一辺の長さが  $8.4\ \mu\text{m}$  の正方形とし，四隅を散乱境界条件に設定した．解析は GaAs 半導体レーザの発振周波数に相当する  $350\ \text{THz}$  付近で行った．

【解析結果】スタジアム形共振器の典型的なモードとして，共振器の周辺部に電磁場が分布するウイスパリングギャラリーモードに類似したモード (WG-like モード)，共振器全体に複雑に電磁場が分布する波動カオスモード，2つの平行なミラーで電磁場が閉じ込められるファブリー・ペローモードがあげられる．これら3種類のモードに対して利得係数  $\kappa$  と共振周波数虚部  $f_i$  (モード損失) の関係を計算した結果を図2に示す．ただし，非励起領域の幅  $W$  は  $0.25\ \mu\text{m}$  に設定した．挿入図は各モードに対する電場ノルムの分布を表している．利得係数  $\kappa$  がゼロのとき WG-like モードの損失が最も低く，波動カオスモード，ファブリー・ペローモードの順に損失が高くなる．利得係数  $\kappa$  が増加すると，WG-like モードよりも波動カオスモードやファブリー・ペローモードの方がより大きな傾きで損失が低下することがわかる．これは，WG-like モードの電磁場が主に共振器周辺部の非励起領域に分布することに起因する．本解析により共振器周辺部に生じる非励起領域がスタジアム形レーザにおける発振モードの選択に影響を与える可能性があることを示した．

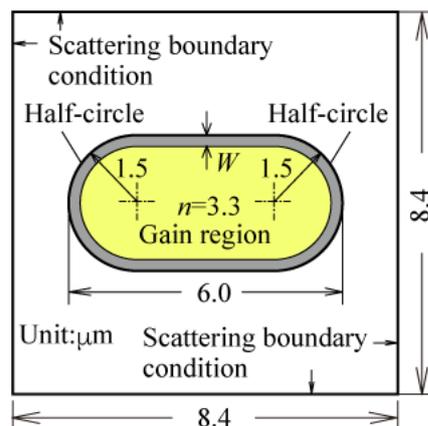


Fig. 1 Analysis model.

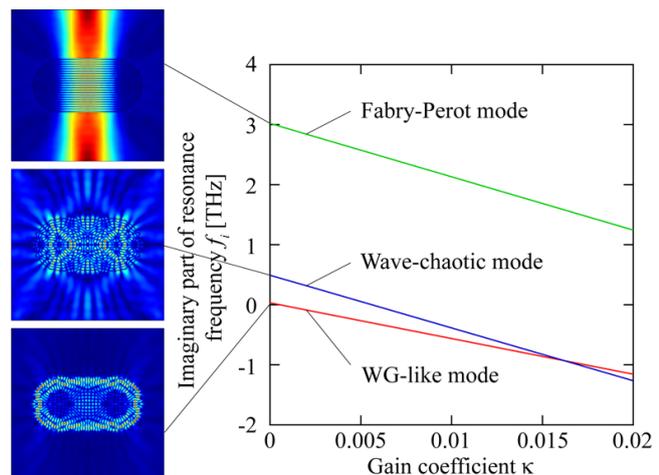


Fig. 2 Dependence of  $f_i$  on  $\kappa$  for three typical modes.

【参考文献】 [1] T. Fukushima *et al.*, “Stadium and quasi-stadium laser diodes (invited paper),” *IEEE J. Select. Topics Quantum Electron.*, vol. **10**, pp. 1039-1051, 2004. [2] T. Harayama *et al.*, “Two-dimensional microcavity lasers,” *Laser & Photonics Reviews*, vol. **5**, pp. 247-271, 2011. [3] 福嶋丈浩：部分的な利得領域を有する円形共振器のモード解析，第85回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集，20p-A35-1，2024.