

2次元マイクロキャビティレーザの理論的研究

砂田 哲

本論文では、2次元マイクロキャビティレーザにおける発振モード間の非線形相互作用及び、キャビティ形状の性質が発振特性に及ぼす影響について研究を行った。

2次元キャビティそのものの特徴はキャビティの共鳴構造によってのみ決定される。しかし、2次元キャビティがレーザデバイスとなる場合、キャビティ内部に挿入されたレーザ媒質を通じて共鳴モード間に非線形相互作用が生じる。そのため、共鳴モードの周波数空間構造、空間パターン、さらに対称性などの特徴に依存して、非線形相互作用の結果として実現されるレーザ発振状態がこれまでの1次元レーザにない非自明な物理的特性を示す。

本論文における主な内容は、(1) 2次元マイクロキャビティレーザの時間発展を記述するシュレディンガーブロツホ方程式の導出方法及び、共鳴モードと単一定常発振状態との関係(第2, 3章), (2) シュレディンガーブロツホ方程式の数値積分の方法(第4-1節), (3) 発振特性に影響するキャビティ形状効果についてである。まず、我々は2次元レーザの基本形状である円形キャビティレーザについて調べた(第4-2節)。それから2種類の変形キャビティに注目した。

1つ目は対称性の変化させたキャビティである。ここでは楕円形形状のキャビティを選び、そのレーザ発振を調べた(第4-3節)。円形の共鳴構造は対称性の変化に対して非常に不安定であり変形によって縮退した共鳴周波数が分離する。しかし、レーザ発振時ではモード間同期現象によって再び周波数が縮退しまう現象が生じる。さらにこのモード間同期現象によって楕円形のような対称性のあるキャビティで非対称な放射パターンの発振モードが生成されることが示される。これは、対称性のある2次元キャビティレーザにとって共通の性質である。

2つ目はキャビティ内光線軌道の性質が完全なカオス系となる形状へ変形である(第4-4節)。完全カオス系キャビティとしてスタジアム形状のキャビティを選び、円形や楕円形のように"可積分系"となるキャビティと完全カオス系であるキャビティとの発振特性に関する違いについて調べた。スタジアムキャビティレーザでは、ポンピングパワーを強くしているにも関わらず、実効的に発振モード数が減少していく振る舞いが観測される。これは"可積分系"である円形キャビティレーザのそれとは大きく異なる振る舞いであることが議論される。最後に第5章で、本論文で得られた結果をまとめ、今後の展望を示した。