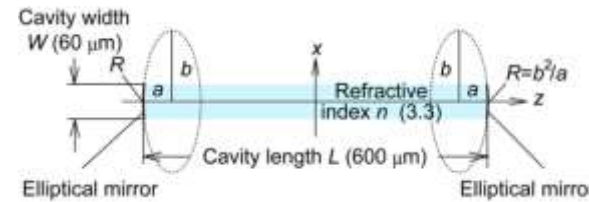


平成29年度 独創的研究助成費 実績報告書

平成30年 2月17日

報告者	学科名	情報通信工学科	職名	准教授	氏名	福嶋 丈浩
研究課題	ガウシアンビーム光学を用いた共振器モード近似解の精度に関する研究					
研究組織	氏名		所属・職	専門分野	役割分担	
	代表	福嶋丈浩	情報通信工学科・准教授	光エレクトロニクス	企画・立案, 数値計算, 研究発表, 総括	
研究実績の概要	<p>1. はじめに</p> <p>二次元共振器に閉じ込められるモードの性質を調べることは、学術的な観点のみならず、応用の観点から見ても興味深い研究課題である[1, 2]。二次元共振器の代表的なモードとして、安定な周期軌道に沿ってビームが伝搬するモードが存在することが知られている[3]。このようなモードはガウシアンビームで近似できることが示されているが[4, 5]、ガウシアンビーム近似には近軸近似が用いられているため、共振器内部を伝搬するビームの幅が大きい場合やミラーの形状が円から大きく変形した場合には、近似精度が低下することが懸念される。そこで、本研究では、ガウシアンビーム近似の精度を定量的かつ系統的に調べることを研究の目的とした。</p> <p>2. 解析モデルと解析方法</p> <p>一般的な二次元共振器には様々な周期軌道が現れるが、本質を明らかにするには、できるだけ簡単な共振器で解析を行うことが望ましい。そこで、図1に示すように2つの楕円ミラーで光が閉じ込められる二次元共振器に対してモード解析を行った。GaAs 半導体レーザの共振器を想定して、共振器内部の屈折率は3.3、光の波長は860 nmに設定した。まず、楕円ミラーの水平方向半径 a と垂直方向半径 b を等しい値 R に設定する（円形ミラーに設定する）。ガウシアンビーム光学によれば、円形ミラーの半径 R が共振器長 L の半分より大きくなると、共振器の軸に沿った周期軌道が幾何学的に安定になり、ガウシアンビームの近似解を持つことが知られている[4]。また、R が $L/2$ に近づく程、曲面ミラーにおけるビーム幅が大きくなる。そこで、共振器長 L を $600 \mu\text{m}$、共振器幅 W を $60 \mu\text{m}$ に固定して、R を変化させることでビーム幅を変化させて近似精度を調べた。なお、近似精度は、ガウシアンビーム光学で求めた近似解と Fox-Li モード計算法で求めた数値解を比較することにより、定量的に評価した。次に、ミラーの変形が近似精度に与える影響を調べるために楕円ミラーの頂点における曲率半径 $R=b^2/a$ を一定に保ったまま、楕円率 b/a を変化させてモードを計算した。</p>  <p>図1 計算モデル（2つの楕円ミラーで構成された二次元共振器）。</p>					

※ 次ページに続く

3. 解析結果

図1は、円形ミラーにおけるビーム幅 Ω と円形ミラー上での近似解と数値解の相関係数の関係を計算した結果を示している。 Ω が $W/2$ ($30\ \mu\text{m}$)を超えると相関係数が下がりはじめ、 Ω が W ($60\ \mu\text{m}$)を超えると約0.99まで低下した。図2は、楕円ミラーの中心における曲率半径 R をそれぞれ $400\ \mu\text{m}$, $302\ \mu\text{m}$, $301\ \mu\text{m}$ に固定して、ミラーの楕円率 b/a と相関係数の関係を計算した結果を示している。楕円ミラー上でのビーム幅が狭い $R=400\ \mu\text{m}$ では、楕円率が変化しても相関係数の低下は殆ど見られないが、ビーム幅が広い $R=302\ \mu\text{m}$ や $R=301\ \mu\text{m}$ では、楕円率が大きくなるにつれて相関係数が低下することが明らかになった。

研究実績
の概要

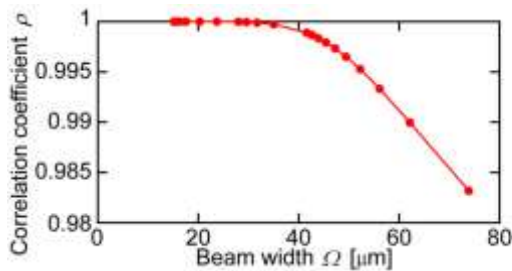


図2 ビーム幅と相関係数の関係

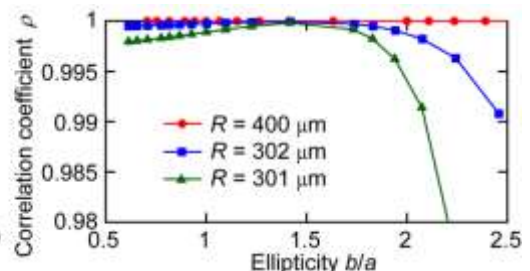


図3 楕円率と相関係数の関係

参考文献

- [1] 福嶋文浩, 二次元共振器半導体レーザー (解説論文), 電子情報通信学会誌, vol. **94**, pp. 323-328, 2011.
- [2] 福嶋文浩, 砂田哲, 二次元共振器レーザーにおける空間モードの選択励起 (解説論文), レーザー研究, vol. **43**, pp. 347-352, 2015.
- [3] T. Fukushima et al., Lowest-order axial and ring mode lasing in confocal quasi-stadium laser diodes, Applied Optics, vol. **51**, pp. 2515-2520, 2012.
- [4] A. E. Siegman: Lasers, University Science Book, Mill Valley, CA, 1986.
- [5] H. E. Tureci, H. G. L. Schwefel, A. D. Stone, and E. E. Narimanov: Gaussian-optical approach to stable periodic orbit resonances of partially chaotic dielectric micro-cavities, Opt. Express, vol. **10**, pp. 752-776, Aug. 2002.

成果資料目録

- 【国際会議】 T. Fukushima, Approximation accuracy of Gaussian-optical approach applied to two-dimensional optical microcavities, Proceedings of ICTON 2017 (International Conference on Transparent Optical Networks), We.D4.3, 2017 (Girona), (招待講演).
- 【口頭発表】 福嶋文浩, 2次元微小共振器におけるモード回折損失のミラー幅依存性, 第78回応用物理学会秋季学術講演会, 6a-C14-6, 2017.
- 【口頭発表】 T. Fukushima, Experiments of GaAs/AlGaAs 2D Microcavity Lasers, 2017 Workshop on Asymmetric Microcavity, Aug. 22, 2017 (Daegu).