

Fabry-Perot 型微小光共振器の安定性ダイアグラム

Stability Diagram of Fabry-Perot optical micro-cavity

横河電機、○鈴木 雄太、黒川 知加子、北川 雄真、手塚 信一郎

Yokogawa Electric Corporation, ○Yuta Suzuki, Chikako Kurokawa, Yuma Kitagawa, Shin-ichiro Tezuka

E-mail: Yuuta.Suzuki@yokogawa.com

Fabry-Perot 型光共振器は外部共振器型の波長可変半導体レーザー [1] や波長可変フィルタなど光 MEMS 分野で広く利用されている。光共振器の安定性は二枚の反射鏡の形状で決まり、回折損失の低減に有利な凹面鏡が主に使われる。光 MEMS において凹面鏡は研磨やエッチングで加工されるが、プロセスの再現性や面内ばらつき、応力によるたわみなどにより曲率半径の精密制御は難しく、曲率半径による特性変化を把握することは光共振器やプロセスの設計上重要となる。

本研究では Fabry-Perot 型微小光共振器の安定性ダイアグラムを Fox-Li 法 [2, 3] で計算した。反射鏡上の電場分布は定常状態において第一種フレドホルム積分方程式を満たし、その積分核は光共振器を一往復する光の回折公式で記述される。この積分方程式は固有値方程式であるので、数値的に固有値と固有状態が計算でき、固有値から回折損失、固有状態から電場分布を計算できる。一方、従来の Fox-Li 法の積分核は近軸近似を含むため、短い共振器長を持つ微小光共振器には適用できない。本研究では積分核に近軸近似を含まない Rayleigh-Sommerfeld 回折 [4] を用いることで、微小光共振器の安定性ダイアグラムの数値解析を行った。図 1 は共振器長 $b = 10\lambda$ 、鏡の半径 $a = 2\lambda - 10\lambda$ としたときの安定性ダイアグラムである。上段は基本モード、下段は二次モードである。横軸・縦軸は鏡の形状を表すパラメータ g_i であり、鏡の曲率半径 R_i を用いて $g_i = 1 - b/R_i$ ($i = 1, 2$) と表される。 $g = 1$ は平面鏡、 $g < 1$ は凹面鏡、 $g > 1$ は凸面鏡を表す。 g の取りうる範囲は鏡の曲率半径 R_i が半径 a より大きい条件 $R_i > a$ で制限される。フレネル数 $N_F (= a^2/b\lambda)$ で安定性ダイアグラムは変化し、大きい N_F では回折損失が小さい安定領域と回折損失が大きい不安定領域の境界が鮮明になる。また大きい N_F では不安定領域に周期的な模様が見られ、 N_F でその周期が変化した。発表では、安定性ダイアグラムに関する詳細な考察や従来の積分核との比較について報告する。

[1] N.Kanbara, S.Tezuka and T.Watanabe, Int.Conf.Optical MEMS Nanophoton, No.MA3 (2006).

[2] 手塚信一郎ほか, 電気学会論文誌 E **126**, 1 (2006).

[3] S.Tezuka and N.Kanbara, Opt. Rev. **15**, 1 (2008).

[4] Y. Suzuki and S. Tezuka, Opt. Rev. **26**, 430 (2019).

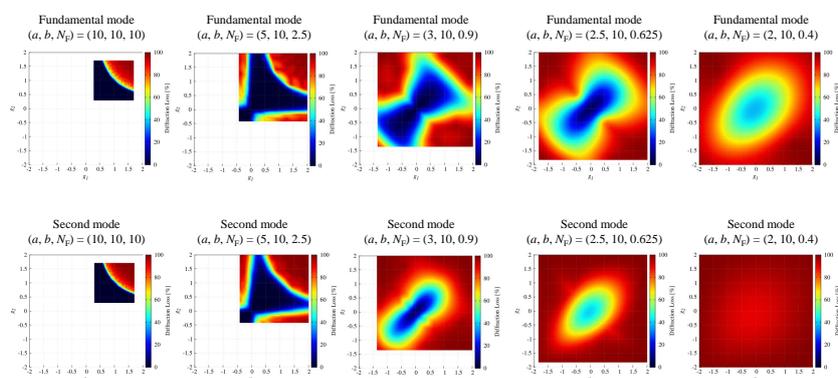


図 1: 微小光共振器の安定性ダイアグラム $a = 2\lambda - 10\lambda$, $b = 10\lambda$