

利得導波型光共振器の回折損失マップ計算

Calculating Diffraction Loss Maps for a Gain-Guided Optical Micro-Cavity

横河電機, ○黒川 知加子、鈴木 雄太、北川 雄真、手塚 信一郎

Yokogawa Electric Corporation, ○Chikako Kurokawa, Yuta Suzuki, Yuma

Kitagawa, Shin-ichiro Tezuka

E-mail: Chikako.Kurokawa@yokogawa.com

我々はこれまでに VCSEL と MEMS を組み合わせた広帯域波長可変レーザー (MEMS-VCSEL) を開発し、50 nm の広い発振帯域と、500 kHz の高速掃引を実現した [1]。MEMS-VCSEL はトンネルジャンクション (TJ) による電流搾取構造をもつ利得導波型光共振器である。また、VCSEL の光学多層膜鏡 (DBR) と MEMS に作製した凹面形状の DBR を Au-Au の熱圧着接合をすることで光共振器を形成するが、その際に生じる鏡の傾き、軸ずれは回折損失を悪化させ、レーザー特性に影響を与える。したがって、構造の最適化に鏡の軸ずれや傾きの影響の見積もりが重要となる。

Fabry-Perot 光共振器の数値解析の代表的な手法の一つに Fox-Li 法 [2, 3, 4] がある。Fox-Li の積分方程式は固有方程式になっており、離散化、対角化することで固有値と固有ベクトルを数値的に計算できる。しかし、従来法では近軸近似が含まれ、共振器長の短い MEMS-VCSEL に適用できない。そこで我々は、近軸近似が不要な Rayleigh-Sommerfeld 回折積分を用いた。そして、レーザー活性層の利得導波機構を近似的に導入し、MEMS-VCSEL のシミュレーションを行った。

図 1 は本研究で用いた計算モデルである。光共振器は 2 つの鏡 m_1 、 m_2 と活性領域を表すアパーチャ AP で構成される。鏡 m_1 の曲率半径を R_1 、半径を a 、AP 半径すなわち TJ 径を a_0 、鏡 m_2 の傾きを θ 、 m_2 の光軸からの軸ずれを表す変位ベクトルを $(\Delta x, \Delta y)$ とする。図 2 は鏡の傾き θ を 0–1 deg、軸ずれ Δy を -2λ – $+2\lambda$ 変化させたときの回折損失の計算結果である。曲率半径 $R_1 = 500\lambda$ 、鏡の半径 $a = 12\lambda$ 、TJ 径 $a_0 = 5\lambda$ とした。図中の黒線は回折損失が 10% の等高線を表している。同様の条件で TJ 径を変化させると、TJ 径が小さい時、等高線で囲まれる領域は $\Delta y = 0$ に対してほぼ対称であったが、TJ 径が大きくなると対称性が崩れ、 $+\Delta y$ 方向に傾いた形状となった。これは、TJ 径が大きくなることで、傾きによるビーム中心のずれを鏡の軸ずれにより補完する効果が見られたからだと考えられる。発表では、TJ 径による回折損失マップの変化や、傾きと軸ずれの影響についても説明する。

[1] N.Kanbara, et al. In *Int.Conf.Optical MEMS Nanophoton*, No. MA3, 2006.

[2] S.Tezuka, et al. *Opt.Rev.*, Vol. 15, pp. 1–5, 2008.

[3] 手塚信一郎ほか. 電気学会論文誌 E, Vol. 126, pp. 243–247, 2006.

[4] Y. Suzuki, et al. *Opt. Rev.*, Vol. 26, p. 430, 2019.

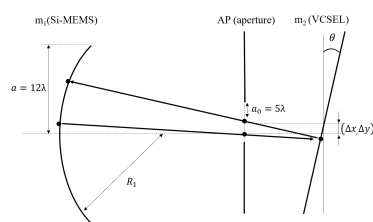


図 1: 計算モデル

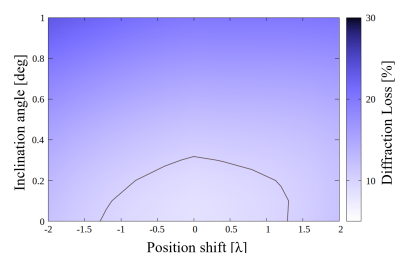


図 2: θ と Δy を変化させたときの回折損失マップ