

2次元共振器 GaAs マイクロレーザの TM モード発振

TM mode lasing in a two-dimensional GaAs microlaser

岡山県立大¹, NTT CS 研², 金沢大³, 早稲田大⁴○福嶋丈浩¹, 篠原晋², 砂田哲³, 原山卓久⁴, 坂口浩一郎¹, 徳田安紀¹Okayama Prefectural Univ.¹, NTT CS Labs.², Kanazawa Univ.³, Waseda Univ.⁴○Takehiro Fukushima¹, Susumu Shinohara², Satoshi Sunada³,Takahisa Harayama⁴, Koichiro Sakaguchi¹, Yasunori Tokuda¹

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

【はじめに】ドライエッチング技術を用いることにより、今日では任意の 2 次元形状を有する半導体レーザ共振器を高い精度で製作することが可能である。共振器形状と発振モードの関係を調べることは、学術的な観点のみならず、応用の観点から見ても大変興味深い研究課題である[1]。我々は、Penrose unilluminable room と呼ばれる特殊な形状を有する GaAs マイクロレーザを製作して発振モードを調べたところ、菱形の軌道に対応するモードが観測された[2]。今回、このレーザの偏光モードを調べたところ、TM 偏光で発振していることが明らかになったので、そのメカニズムについて報告する[3]。

【素子構造】レーザの縦構造には、GaAs/AlGaAs 屈折率分布分離閉込め単一量子井戸構造を用いている。図 1 にレーザ共振器の形状を示す。上と下の曲面ミラーの形状は、長軸半径 a 、短軸半径 b の楕円の半分であり、点 p_2 と p_7 、 p_3 と p_6 は、それぞれ上と下の楕円の焦点である。焦点の外側には、四角形の領域 A, A', B, B' が設けられている。また、領域 M の側面ミラーの形状は、長軸半径 $d/2$ 、短軸半径 $f-w/2$ の楕円の半分である。多彩な光線軌道が現れるように共振器パラメータは、 $a = 80 \mu\text{m}$, $b = 50 \mu\text{m}$, $d = 100 \mu\text{m}$, $g = 30 \mu\text{m}$, $w = 60 \mu\text{m}$ に設定した[4]。電極は、P, M, Q の 3 つの領域に形成した。

【実験結果】レーザの発振特性は、室温パルス駆動（パルス幅 500 ns, 繰り返し周波数 1 kHz）で評価した。図 2 は、TE 偏光と TM 偏光の成分に分けて遠視野像を測定した結果を示している。TE 成分（赤線）は、自然放出光によるほぼ様なパターンを示すのに対して、TM 成分（青線）は、 $\pm 70^\circ$ 付近にピークを持つパターンを示した。これらの角度は、図 1 に示した菱形軌道の出射角（ $\pm 71.5^\circ$ ）と良く一致しており、菱形軌道に対応する TM 偏光のモードで発振していることが明らかになった。

【考察】TM 偏光で発振する原因を明らかにするために菱形軌道に対応するモードのミラー損失を軌道の長ささと端面反射率から見積もった。その結果、TE 偏光では 298 cm^{-1} という高い値を示すのに対して、TM 偏光では 19 cm^{-1} という低い値を示した。これは、菱形軌道の端面への入射角（ 16.7° ）がブリュスター角（ 16.9° ）に近いことが原因である。レーザ発振の可能性のある他のモードに対してミラー損失を見積もったところ、いずれのモードも菱形軌道に対応する TM 偏光のモードより高い値を示した。以上の計算結果から、ミラー損失が十分に低い値に抑えられていることが、菱形軌道に対応する TM 偏光のモードで発振した原因であると考えられる。

【参考文献】

[1] T. Harayama and S. Shinohara, "Two-dimensional microcavity lasers," *Laser & Photonics Reviews*, vol. 5, pp. 247-271, 2011. [2] 福嶋丈浩他, "Penrose unilluminable room 共振器レーザの発振モード", 第 61 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 17p-D10-1, 2014. [3] T. Fukushima et al., "Lasing of TM modes in a two-dimensional GaAs microlaser," *Opt. Express*, vol. 22, pp. 11912-11917, 2014. [4] T. Fukushima et al., "Ray dynamical simulation of Penrose unilluminable room cavity," in *Frontiers in Optics 2013 and Laser Science XXIX Meetings*, (Optical Society of America, Washington, DC, 2013), JW3A.19.

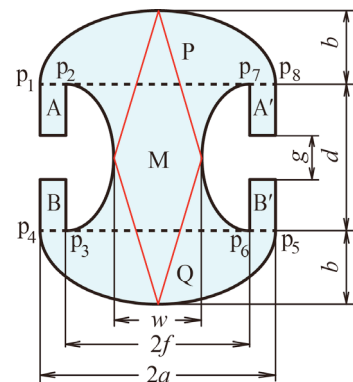


Fig. 1. Schematic diagram of the laser cavity.

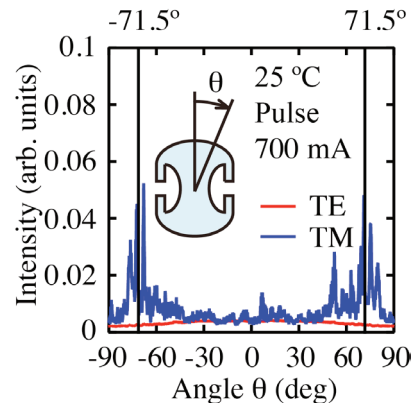


Fig. 2. Far field emission pattern.