

長い光路を実現する 2 次元微小共振器

Two-dimensional microcavity with a long optical path

岡山県立大¹, NTT CS 研², 金沢大³, 早稲田大⁴○福嶋文浩¹, 篠原晋², 砂田哲³, 原山卓久⁴, 新井賢一², 吉村和之²,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,Kenichi Arai², Kazuyuki Yoshimura², Koichiro Sakaguchi¹, Yasunori Tokuda¹

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

【はじめに】近年、半導体レーザのカオス発振現象を高速物理乱数生成に応用する研究が行われている[1]。半導体レーザから高速なカオス信号を得る方法として、レーザから出力された光に十分な遅延を与えて再びレーザ共振器に戻す方法が用いられている[1,2]。我々は、光を戻す外部共振器に 2 次元共振器を用いることで、コンパクトなカオス発生デバイスが実現できることを報告した[3]。今回、全反射を利用して光を効率良く閉込める長い光路を持つ 2 次元微小共振器を試作したところ、設計どおりの方向に光が放射されることを確認したので報告する。

【デバイス構造】共振器の縦構造には、GaAs/AlGaAs 屈折率分布分離閉込め単一量子井戸構造を用いた。図 1 (a)にデバイスの構造を示す。左側のレーザは、最低次の軸モード（共振器の軸に沿ってビームが伝搬するモード）で発振するように共振器と電極が設計されている。右側の外部共振器（2 次元共振器）は、端面の形状が $r(\varphi)=r_0(1-\varepsilon \sin n\varphi)$ で定義されており、入出力ポートを有している。ここで、 r_0 は平均半径、 ε は変形パラメータ、 n は曲率が最小となるポイントの数を表している。電極は共振器のほぼ全面に設けている。安定な長周期軌道が得られるように共振器パラメータは、 $r_0=100\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\varepsilon=0.005$ 、 $n=13$ に設定した。レーザから 2 次元共振器に入射した光は、全反射を繰返しながらか赤線で示した軌道に沿って伝搬し、出力ポートの端面に到達する。ここで、一部の光は、透過して θ_{out} の方向に出力され、残りの光は端面で反射してレーザに戻る。安定軌道の往復距離は、約 3.7 mm であり、 θ_{out} は 27.7° と見積もられる。デバイスの電子顕微鏡写真を図 1 (b)に示す。i 線ステッパーと反応性イオンエッチングを用いてモノリシックに製作されている。

【測定結果】デバイスの評価は、室温連続動作で行った。

レーザのしきい値電流は 57 mA であり、最低次の軸モードで発振することを確認した。図 2 は、2 次元共振器の注入電流 I_c を 40 mA に設定して、レーザの注入電流 I_L に対する遠視野像の変化を測定した結果を示している。レーザの注入電流がゼロの時は、自然放出光による一様なパターンが得られているが、レーザの注入電流を上げると、 θ_{out} (27.7°) にほぼ一致する方向に鋭いピークが観測された。このことから、レーザから注入された光が安定軌道に沿って 2 次元共振器の内部を伝搬していると考えられる。

【参考文献】

- [1] A. Uchida, "Optical communication with chaotic lasers," (Wiley-VCH, 2012).
- [2] J. Ohtsubo, "Semiconductor lasers," (Springer-Verlag, 2006).
- [3] S. Sunada, T. Fukushima, S. Shinohara, T. Harayama, K. Arai, and M. Adachi, "A compact chaotic laser device with a two-dimensional external cavity structure," accepted for publication in Appl. Phys. Lett. (2014).

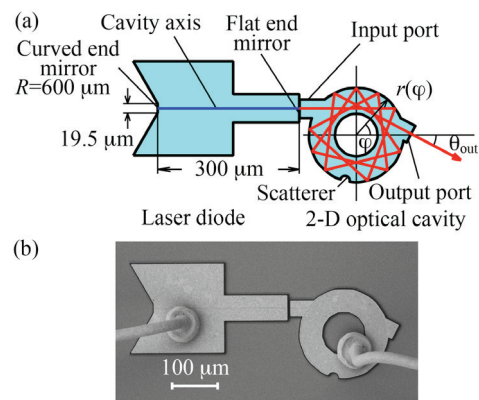


Fig. 1. (a) Schematic diagram of the device structure and (b) SEM image.

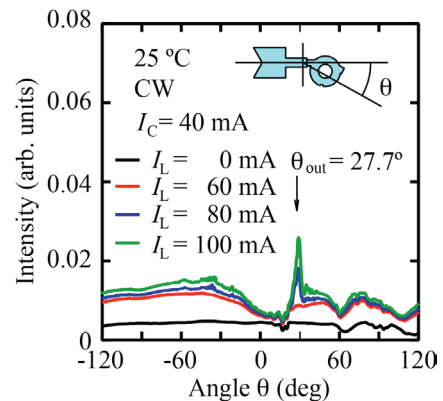


Fig. 2. Far field emission patterns.