

Title	マイクロスタジアムレーザ(2)ナノサイエンスにおける量子カオスの最近の話題,京大基研短期研究会 量子力学とカオス-基礎的問題からナノサイエンスまで-,研究会報告)
Author(s)	原山, 卓久
Citation	物性研究 (2004), 82(5): 698-700
Issue Date	2004-08-20
URL	http://hdl.handle.net/2433/97874
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

マイクロスタジアムレーザー

ATR 適応コミュニケーション研究所 原山卓久¹

レーザーキャビティ作製技術の進歩によって新しいタイプのレーザーである2次元マイクロキャビティレーザーが作製可能となった。そこで、すべての光線軌道が不安定となる2次元形状のキャビティとしてよく知られているスタジアム形などを用いた新しいレーザーの理論と実験について報告する。

1 はじめに

2次元マイクロキャビティレーザーは、2次元全方位にレーザー光の出力が可能であるという新機能を持つ新しいタイプのレーザーである。これは、従来のエッジエミッタレーザー、面発光レーザーに続く第3のクラスの半導体レーザーに分類される。このレーザーを用いると、これまで実現困難であった指向性と高出力特性とを併せ持つ微小レーザーを実現できる。このような特徴は、光電子集積回路、光通信、量子情報処理、近接場光学など様々な応用分野に活用されることが期待される。

2 レーザとは

レーザー光線と言えば1次元的にまっすぐ進む強い光を連想させる。では、なぜレーザー光はレーザーから1次元的に出てくるのだろうか。その答えはレーザーの構造にある。通常のレーザーでは2枚の鏡の間を光が何度も往復する。鏡と言っても、光がレーザーの外に出なければ困るので、ある程度光を透過するようになっている。そして、レーザー内を往復する光は、レーザーの中にあるレーザー媒質からエネルギーを受け取る。このエネルギーは電流として常にレーザー媒質に注ぎ込まれている。このように、鏡の間を往復する光はレーザー媒質を通じて電流のエネルギーをどんどん吸収して強い光となり、レーザー発振が起こって強い光線を出射する。したがって、レーザー光が1次元的に出射されるのは、2枚の鏡によって光を閉じ込めるという構造のためである。しかし、レーザー発振のためには、光をある程度効率よく閉じ込めさえできれば十分で、必ずしも2枚の鏡を用いる必要はない。

¹E-mail: harayama@atr.jp

3 2次元マイクロキャビティレーザー

私たちは2次元形状をしたレーザーを考え、実際に半導体材料を用いてこれを作製し特性を調べた。このレーザーでは、周囲がすべてミラーとなっているため、出力光が2次元的になるのが大きな特徴である。従来1次元であったレーザーキャビティをこのように2次元的なものとして実現できるのは、半導体量子井戸レーザー作製技術とドライエッチングとよばれる半導体加工技術の進歩のおかげである。2次元マイクロキャビティレーザーは、このように最先端テクノロジーを用いて初めて作製可能な全く新しいタイプのレーザーである。

4 マイクロスタジアムレーザー

ところで、どんな2次元形状を用いてもレーザー発振可能だろうか。もしそうなら、具体的なそれぞれの応用に適した出射光パターンを持つように、2次元形状を簡単に設計できることになる。そこで、レーザー発振がもっとも難しいスタジアムとよばれる形状の2次元マイクロキャビティレーザーについて調べた。スタジアム形状でさえレーザー発振可能ならば、レーザーの2次元形状は自由に設計してよいということになる。私たちはマイクロスタジアムでレーザー発振が可能であり、複雑な準安定状態が発振パターンとなることを理論的に示した。さらに、半導体量子井戸を用いたマイクロスタジアムレーザーを実際に作製し、レーザー発振の実験に成功した。このように、マイクロスタジアムのレーザー発振が理論と実験により示されたことによって、2次元マイクロキャビティレーザーの有効性が明らかになった。

5 モードロッキング

さらに、2次元マイクロキャビティレーザーの理論から、1次元レーザーにはない特徴が予想される。それはスタジアムのような対称性を持つキャビティにおいてもレーザー発振パターンが非対称になる場合があるということである。この非対称なパターンは、異なる対称性クラスに属する2つのレーザー発振パターンがレーザー媒質を通じて互いに影響し合い最終的に協力して作り上げたモードロッキングによる合体パターンである。

6 擬似スタジアム型レーザー

スタジアムレーザーを横方向に細長くすると、従来のレーザーとの類推が容易なので、応用を考えるのに適している。このような横長スタジアムレーザーを擬似スタジアム型レーザーとよんでいる。私たちは、このタイプの2次元マイクロキャビティレーザーで、真横に出射する軸モードと2方向に出射するリングモードの2種類の発振パターンが可能であることを、理論と実験により明らかにした。

7 モード制御

擬似スタジアム型レーザーの2種類の発振パターンを制御できれば、レーザー光の出射方向を切り替えることができる。私たちは、電流の流し方を工夫することでレーザー光の出力方向をコントロールできることを実証した。さらに、5で説明したモードロッキングが擬似スタジアムでも起こり、これを用いると、より自由な出力方向制御が可能であることも明らかにしている。これらの技術は、光電子集積回路における光源・光配線や通信用の光スイッチなどのキーデバイスとなることが期待されている。

8 おわりに

ナノテクノロジーの重要性が増している現在、光学部品の微小化は必須である。レーザーを微小化するためにも、特別な共振器形状によって光を効率良く閉じ込める2次元マイクロキャビティレーザーは大変有効である。

参考文献

- [1] T. Harayama, P. Davis, and K. S. Ikeda, Phys. Rev. Lett. **90** (2003), 063901.
- [2] T. Harayama, T. Fukushima, S. Sunada, and K. S. Ikeda, Phys. Rev. Lett. **91** (2003), 073903.
- [3] T. Fukushima, T. Harayama, P. Davis, P. O. Vaccaro, T. Nishimura and T. Aida, Optics Letters **28** (2003), 408.
- [4] T. Fukushima, T. Harayama, P. Davis, P. O. Vaccaro, T. Nishimura and T. Aida, Optics Letters **27** (2002), 1430.