

4-2 半導体接合レーザのパルス発振動作

東京工業大学工学部

大見忠弘

鈴木俊幸

西巻正郎

1N23型カートリッジに挿入し同軸回路系にマウントされたダブルヘテロ構造の接合レーザ⁽¹⁾に、室温動作状態でパルス電流を流すと、素子によっては光出力にパルス発振が現われる。パルス発振する素子の動作を、出力波形測定を中心に議論する。

接合レーザに矩形電流を印加した時にレーザ発光にパルス発振が現われる一例を図1(素子1)に示す。波形はシリコンフォトダイオードを用いて、HP1430Aによって測定した。レーザ発光は矩形電流印加後ある遅れ時間を持って現われ、その遅れ時間は電子の寿命時間と関係するが、印加電流の増加とともに急激に減少する⁽²⁾。パルス発振の現れない素子では、遅れ時間の電流依存性は顕著ではない。とくにしきい値電流付近ではレーザ発光の開始は図1のように急峻に起るのではなくゆっくり立ち上がり、発振開始時刻を決めることすら難しい。矩形印加電流とパルスレーザ発光の他の素子での例を図2(素子4)に示す。図1が示すように素子1では発光開始後、時間が経過するにつれて周期の短くなる現象が顕著であるが、変調実験(図5)に用いた素子2では周期は発振開始直後からほとんど不変である。パルスレーザ発光の振動周波数が印加電流によって次第に増加する様子を素子1(実線)および素子2(点線)に対して図3に示す。素子1では、時間経過とともに周期が変化するため、発振開始後の1, 3, 6, 9周期目の逆数で定義された周波数をプロットした。6番目の周期に対する振動周波数の変化は規格化電流の $1/2$ 乗にほぼ比例している。

パルス発振する素子のレーザ発光は図1のように矩形電流印加後ある時間遅れてスパイク状に現われるから、その直後に電流パルス进行を切ることによって、単一の光パルスを発光させることができる。一例を図4(素子3)に示す。この方法で得られた光パルスの立ち上がり時間および、

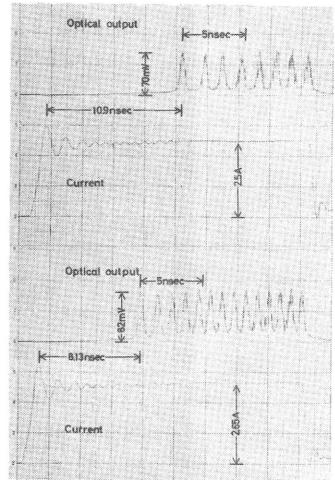


図1 パルスレーザ発光(素子1)

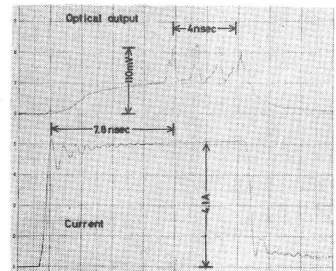


図2 パルスレーザ発光(素子4)

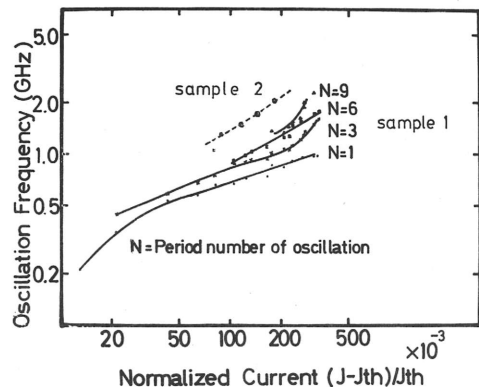


図3 振動周波数の電流依存性

実線: 素子1 点線: 素子2

パルス中の最小測定値はそれぞれ 85 psec , 140 psec である。

印加電流に重畳された変調電流がパルスレーザ発光に与える影響を検討する。変調電流が0のときには 1.2 GHz でパルス振動しているレーザ発光が 656 MHz の変調電流の重畳によって変化する一例を図5(素子2)に示す。変調電流の振巾を0から増加させると、まず 1.2 GHz のパルス発振の位相が乱れてきれいな振動波形が得られなくなり、さらに振巾を増すと変調周波数でスパイク状に振動する発光が現われる。電流の振巾変調度が4%のときの発光波形が図5(下)である。これ以上に、振巾を増加させた場合には、レーザ発光の振動は完全に抑制され、一定の出力波形となる。 400 MHz , 800 MHz 付近でもほとんど似た傾向が得られるが⁽³⁾図5ほど顕著ではない。それ以外の周波数ではレーザ発光のパルス振動が乱されるだけで、図5のような引き込みは起らない。

レーザ発光のパルス動作にはこれまでくり返しQスイッチ⁽⁴⁾と結合調波⁽⁵⁾の二つの説明がなされている。パルス発振する素子の両端からの電界発光の差が、一定の出力を与える素子にくらべて顕著であること、ほとんど一本のスペクトルだけが得られている場合にもパルス発振が現われることおよび振動周波数の電流依存性がくり返しQスイッチで理論的に誘導される結果⁽⁶⁾に近いことを考慮すると、ここで得られているレーザ発光のパルス発振は、素子内の電流不均一によるくり返しQスイッチ機構によっていると考えられる。素子1では、発振開始後、時間の経過とともに周期が次第に短くなる効果が顕著であるが、これは電流が均一に流れている素子で解析された緩和型振動⁽⁷⁾がくり返しQスイッチ機構に重畳した結果と考えられる。

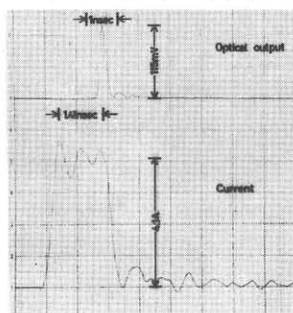


図4 単一スパイク状パルス発光(素子3)

各種の御援助をいただいた池上徹彦氏、試料をいただくとともに有益な御討論をいただいた南日康夫氏および日電中研の方々に深く感謝致します。

- (1) 米津他: 応用物理学会 (1971.4) 1a-C-4, 1a-C-5 (2) 中川: 通信学会 (1971.4) 750 (3) Ripper et al : IEEE J. QE. QE-6, 326 (1970) (4) Paoli et al : Phys Rev. Letters 22, 1085 (1969) (5) Basov : IEEE J. QE. QE-4, 855 (1968) (6) Lee et al : IEEE J. QE. QE-6, 339 (1970) (7) 池上他: 信学論文 試 53-B, 246 (1970)

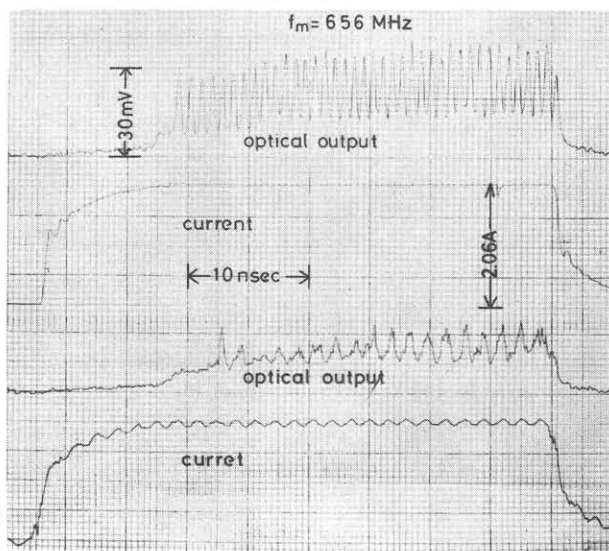


図5 パルスレーザ発光と電流変調による Locking
下電流変調率4% (素子2)