

阪大・基礎工 増山昭夫, 川辺光央, 竹田公三, 難波 進

電子線励起による GaAs laser において Internal Q-Switching の現象を見出した。

実験 試料は GaAs に Zn を $7.6 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ dope したものと、^($1.2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$) Te を dope したものについて行ったが Zn を dope したものについてのみこの現象が観測された。cavity は長さ 0.2 ~ 0.5mm の Fabry Perot 型にした。試料は Cu の heat sink に Sn ではんだづけにし液体窒素で冷却した。加速電圧は 25kV ~ 30kV の大きさで、ウェーネルト型電子銃と磁気集束系を利用した。laser 光は SGD-100 photodiode によって測定した。

結果と考察 (1) Fig.1 に示すように入射電子線の pulse 幅を変化すると発振はその終端についていく。(2) Fig.2 に電子線密度と時間遅れの関係を示す。Q-switching の現象が現れる前後に大きい時間遅れを持った発振を示す領域がある。この結果は stripe geometry type の GaAs diode laser¹⁾ や heterojunction type の laser で報告されてきた現象と同じで、Q-switching の機構が "double acceptor trapping model"^{3),4),5)} で説明されることを示す。すなわち J/J_{th} が増加しているにもかかわらず "time delay" が増加している所は double acceptor が electron を capture して optical absorbing center を作りその数が増加して時間遅れが大きくなる。Q-switching の領域に入ると population inversion はできているが、absorbing center の数が多いため発振はしない。その状態で pulse を切ると quasi-Fermi level の位置が下り熱平衡にもとる為 absorbing state を作っている singly ionized trapping center が $\sim 10^{-12}$ sec の速度で消え loss が急激に減少して発振がおこる。さらに J/J_{th} を増加すると、その center は飽和してきて time delay は再び短くなる。(3) 発振は正常な laser 発振に比較して非常に narrow (~ 10 nsec) である。(Fig.3) (4) spectrum の半値幅は約 50Å で正常な laser 発振の場合のそれにはほぼ等しい。(Fig.4) (5) Internal Q-switching の発振の光強度は入力 pulse 幅を数百 nsec 変化しても変化しないが、数 μsec 以上にすると活性領域の温度上昇のため減少する。(6) その発振波長は入力 pulse 幅を広げると (6) の場合と同様に活性領域の温度上昇のため長波長側に shift していく。その大きさは energy gap の温度上昇による変化とみなして計算した結果とよくあう。

結論 Internal Q-Switching effect が electron beam excited GaAs laser でも見つかった。junction laser では Ripper らにより^{3),4),5)} double acceptor trapping model によって説明されているが数百 nsec にあふ long time delay および internal Q-switching effect の原因となる trapping level は bulk の性質であることがわかる。

References

- 1) J.E.Ripper and J.C.Dyment: Appl.Phys. Letters. 12 (1968) 365.
- 2) E.A. Ulmer, Jr. and I. Hayashi: Internal Q-Switching in GaAs-Ga_xAl_{1-x}As Heterostructure Lasers. (private communication)
- 3) J.E.Ripper: IEEE J.Quant. Elec. QE-5 (1969) 391.
- 4) J.E.Ripper and J.C.Dyment: IEEE J.Quant. Elec. QE-5 (1969) 396.
- 5) G.E. Fenner: Solid State Elec. 10 (1967) 753.

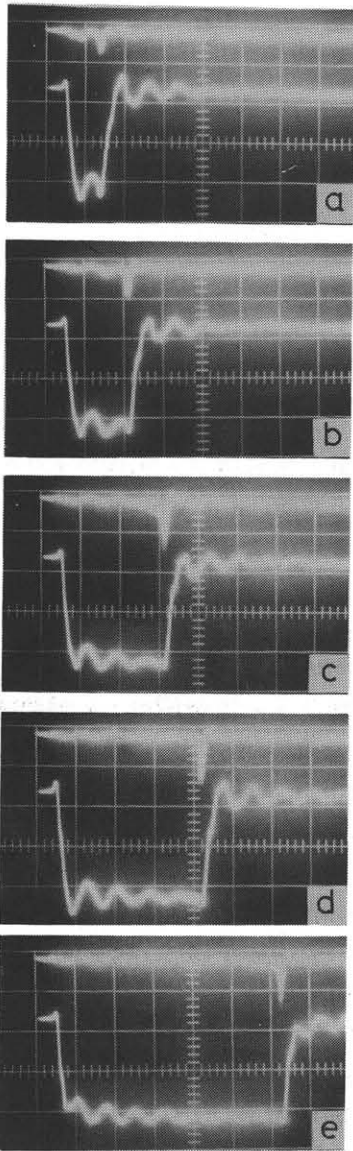


Fig.1 Increasing the pulse width the start of the light pulse follows the end of it. The upper traces show light emission and the lower traces show current pulses. 0.2 sec/div (by EGG SGD-100 photodiode) 28kV, liq.N temp., 43.5c/s rep. rate.

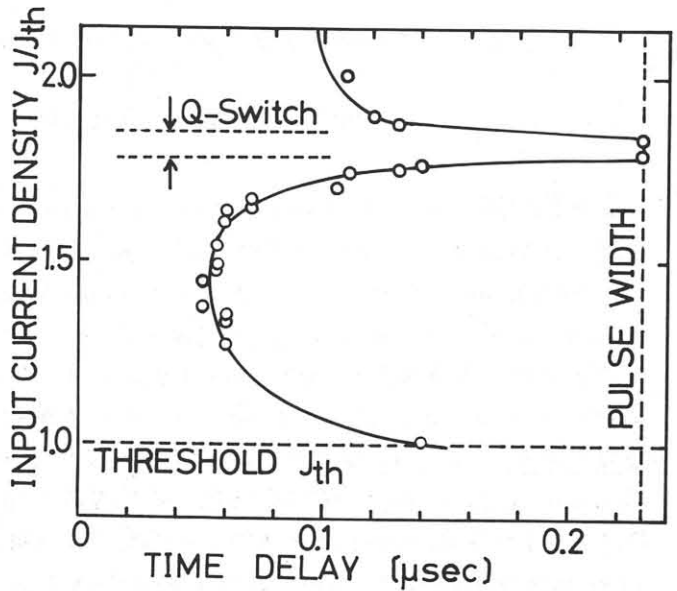


Fig.2 Abnormal delay behavior in electron beam excited GaAs ($Zn\ 7.6 \times 10^{18}/cm^3$) laser at 28kV.

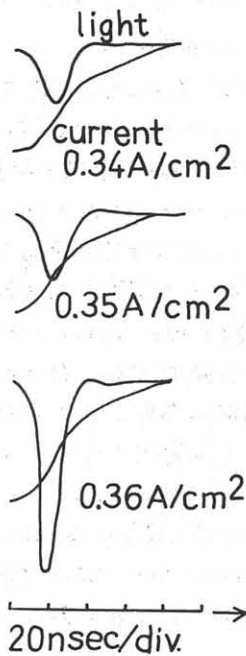


Fig.3 Time response of current and light. Increasing the current density, the light output increases.

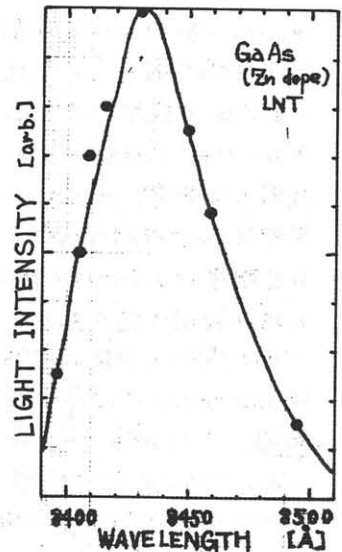


Fig.4 Spectrum of the internal Q-switched pulse. GaAs (Zn dope) liq.N temp.