

平野 嘉仁 上野 信一 辰巳 賢二 古屋 清敏 中島 正勝* 菊池 昭*
 Y. Hirano S. Ueno K. Tatsumi K. Furuya M. Nakajima A. Kikuchi

三菱電機株式会社

* 宇宙開発事業団

Mitsubishi Electric Corporation

* National Space Development Agency of Japan

Abstract

Diode side-pumped Q-switched laser using c-axis grown Nd:YLF laser has been developed. At the pulse repetition rates of up to 50Hz, this laser provides more than 100mJ of TEM₀₀ Q-switched output energy with over 7% of wall-plug efficiency. The fluctuation of the output average power is $\pm 0.5\%$ or less for 50000 shots operation and $\pm 4\%$ or less for the coolant temperature between 10°C to 30°C. This laser would be used for airborne and space lidar systems.

1. まえがき

地球温暖化，オゾン層破壊などの地球大気環境問題に関し、地球規模で監視する一つの方法として衛星や航空機に搭載したライダーが提案されている。ここで用いるレーザには電力，重量，容量の制約と、信頼性の観点から高出力半導体レーザ(LD)を励起源とするLD励起固体レーザが最有力視されている。レーザに要求される出力は、衛星搭載で $\sim 1\text{J}$ ，航空機搭載で数10mJであり⁽¹⁾、すでにNd:YAGをレーザ媒質として用いたMOPA(Master Oscillator Power Amplifier)構成で出力1JクラスのLD励起固体レーザが報告されている。⁽²⁾⁽³⁾しかし、これらの報告では横基本モードで発振する主発振器はレーザ媒質の熱レンズにより出力および繰り返し制限され(出力68mJ，繰り返し20Hz⁽³⁾)、電気-光変換効率も3%以下と低かった。今回、我々は、蓄積エネルギーが大きく、熱レンズが小さいc軸Nd:YLFをレーザ媒質として用い、繰り返し50Hzまで横基本モード出力エネルギー100mJ以上、電気-光変換効率7%以上で発振するLD励起Qスイッチレーザの開発を行ったので報告する。

2. レーザ発振器の構成

2.1 励起モジュール

Fig.1にレーザ発振器の構成を示す。励起モジュールは励起用LDとレーザロッドで構成される。励起用LDには、発振波長795nm，最大出力180Wの3層スタックアレーLD(Spectra Diode Lab. #;SDL-3230-TZB)を用いた。励起方式は、レーザロッド内で均一な利得分布を形成するため、各スタックアレーLDをレーザロッドの回りに22.5度おきに16個配置した16分割対称側面励起とした。レーザ媒質は、スタックアレーLDからの励起光の偏光方向が吸収係数の高い π 偏光となるc軸Nd:YLFレーザロッドとし、吸収効率を高めるためにNd濃度1.6atm%のものを用いている。また、レーザロッド径は、吸収効率と高利得化の兼ねあいから4.1mm ϕ とした。冷却は、レーザロッドが直接液冷，LDは液冷されたヒートシンクで行っている。

2.2 共振器

振動に強く高信頼な共振器構成として、稜線を直交させた2個の偏光保持プリズム(全反射による位相まわりを補償したルーフプリズム)を対向させた自己補償構成を採用し、出力結合は1/2波長板で結合量を設定できる偏光子結合とした。繰り返し周波数により変

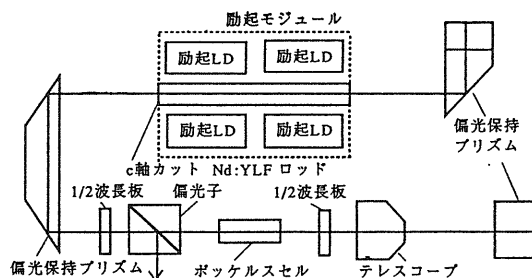


Fig.1 レーザ発振器の構成

化するレーザロッドの熱レンズの影響を受けず、またエネルギー取り出し効率最大で横基本モード発振を行うために、共振器内に倍率 1.8 のテレスコープを挿入した。この時、レーザロッドをモードセレクト用のアパーチャーとしている。

Qスイッチは 1/4波長電圧750Vの MgO:LiNbO₃ ポッケルセルと 1/2波長板で構成されるEO Qスイッチを用いた。

3. 試作結果

3.1 励起モジュール

LD光出力エネルギー 525mJ(励起パルス幅200 μ s) で、励起モジュールの単一透過利得は 4、繰り返し50Hzでの熱レンズ焦点距離は-10mであった。Fig. 2 は励起モジュール単体でマルチモードのノーマル発振実験を行った場合の入出力特性である。繰り返し 100Hzで最大平均パワー 15.5W、電気-光変換効率 14.2%が得られた。

3.2 レーザ発振器

Fig. 3 は繰り返し20Hzと50HzにおけるLD光出力エネルギーに対するQスイッチパルスの出力エネルギー、パルス幅、電気-光変換効率を示したものである。各繰り返しにおいて出力 100mJ時の電気-光変換効率は7%以上である。Fig. 4 は典型的な出力ビームパターンである。ホットスポットのない回折限界の横基本モードが得られている。出力エネルギーの変動は、50000ショットの連続動作で $\pm 0.5\%$ 、冷媒温度を10 $^{\circ}$ C~30 $^{\circ}$ Cまで変化させた場合で $\pm 4\%$ であった。

4. まとめ

航空機搭載大気観測ライダー用光源として、c軸Nd:YLFをレーザ媒質として用いた高出力、高効率、高繰り返し、高安定なLD側面励起Qスイッチレーザを開発した。c軸Nd:YLFはNd:YAGに比べ蓄積エネルギーが高く、熱レンズが小さいことから増幅器としても優れている。今後、このレーザを主発振器としMOPA構成により衛星搭載用レーザを構築する場合にも、増幅段数が少なくアイソレータなどを要しない簡易な構成で、さらに高効率化が可能であると考えられる。

参考文献

- (1) 中島 第15回レーザセンシングシンポジウム予稿集, p161 (1992)
- (2) L. E. Holder et al., IEEE J. Quantum Electron., 28, 986(1992)
- (3) J. J. Kasinski et al., IEEE J. Quantum Electron., 28, 977(1992)

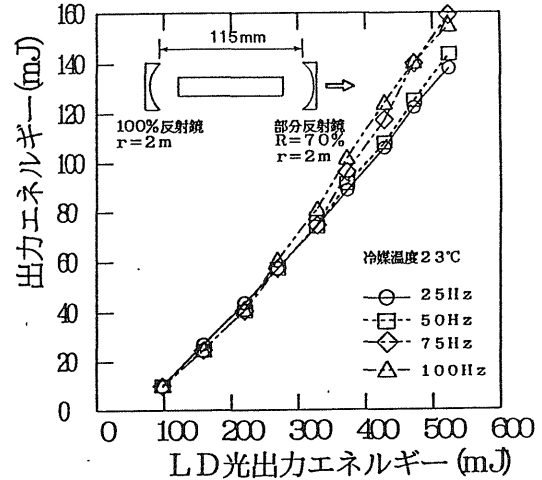


Fig. 2 入出力特性 (マルチモード, ノーマル発振)

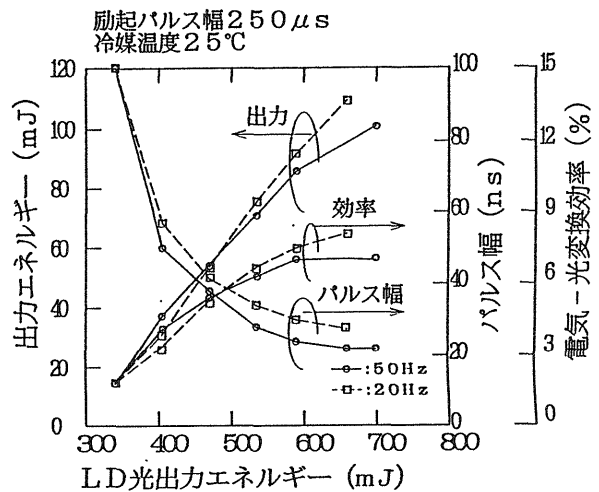
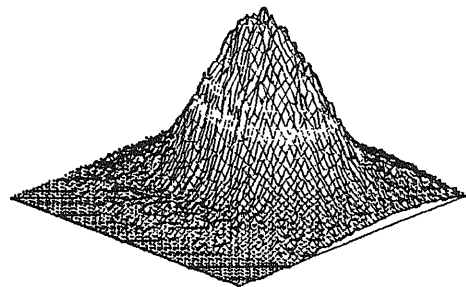
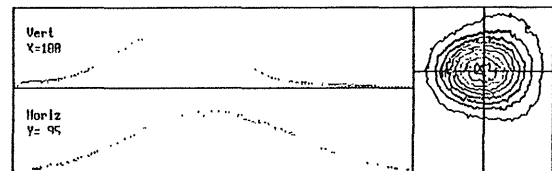


Fig. 3 入出力特性 (TEM₀₀, Qスイッチ発振)



3Dビームパターン



ビームの断面及び半径方向プロファイル

Fig. 4 出力ビームパターン