

Development of Laser-Diode Pumped Nd:YAG Lasers for Compact Laser Radars.

平等 拓範, 尾岸 久隆, 山口 敬介, 小林 喬郎

T. Taira, H. Ogishi, K. Yamaguchi, T. Kobayashi

福井大学工学部

Faculty of Engineering, Fukui University

The design and performance of a laser-diode-pumped Nd:YAG laser oscillator is described. High output performance is achieved in this laser by side pumping the Nd:YAG rod using four laser-diode arrays. This type of compact, light weight, high-efficiency laser has applications in laser radar.

1. はじめに 近年, 地球の温暖化, オゾン層破壊など環境問題が注目されており, 大気状態を高精度で計測する必要性が高まってきた。レーザレーダは, 大気の状態を実時間で遠隔的に三次元計測することが可能であり, その幅広い応用が期待されている。しかし, 従来のレーザ装置は大型で効率が低く, 寿命も短いなどの欠点が多く, レーザレーダの実用化の障害となっていた。本研究では, 移動型の小型軽量レーザレーダ用の光源を開発するため, 目標値, 出力30mJ, 繰り返し周波数100Hzの半導体レーザ(LD)励起Nd:YAGレーザの開発を試みたので報告する。

2. レーザ装置 側面励起の場合, 高出力化が可能であるが均一な励起が困難なため励起光とレーザ光のモードマッチングが悪いだけでなく, 高次横モード発振が生じ易い。このため, 励起用LDをレーザロッド周囲に多数配置した大掛かりな構成により, 上記問題点を解決している例もあるが, 一般には困難である。我々は, 比較的小型の実用的システムの最適化を目指して新しい型の設計を行った。図4に, 試作した側面励起のLD励起Nd:YAGレーザの装置構成を示す。最大出力エネルギー24mJ, パルス幅200 μ s, 繰り返し100Hzの準CW動作LD(Spectra Diode Lab.社; SDL-3230-TA)を4個用い, 濃度1.6at.%, サイズ1.5x1.5x26mm³のNd:YAG結晶に対して4方向から直径1.5mmのロッドレンズによりコリメートして励起を行った。また, LDをTEクーラーにより温度制御し, 励起光とNd:YAG結晶のスペクトルマッチングを図った。

3. 共振器の設計 図2に96mJ励起の場合の出力エネルギーの出力鏡反射率及びスポット直径による特性の計算結果を示す。ここでは, Nd:YAG結晶の吸収及びLDの発光スペクトル形状を考慮して励起光の等価的吸収係数を7.7cm⁻¹, 共振器の残留損失を4%と見積って計算した。なお, 結晶のサイズをレーザ光スポット直径と同じにすることによりモードマッチング効率が75%まで高められる

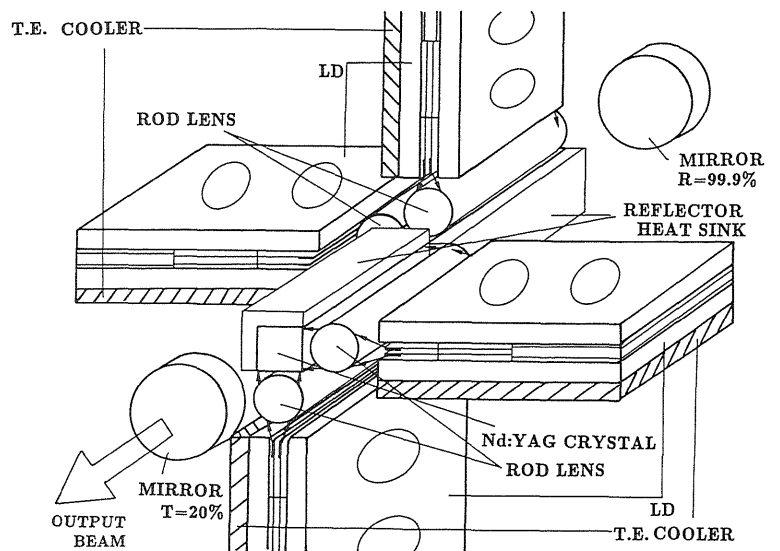


Fig.1 Schematic of the Nd:YAG laser pumped by four laser-diodes.

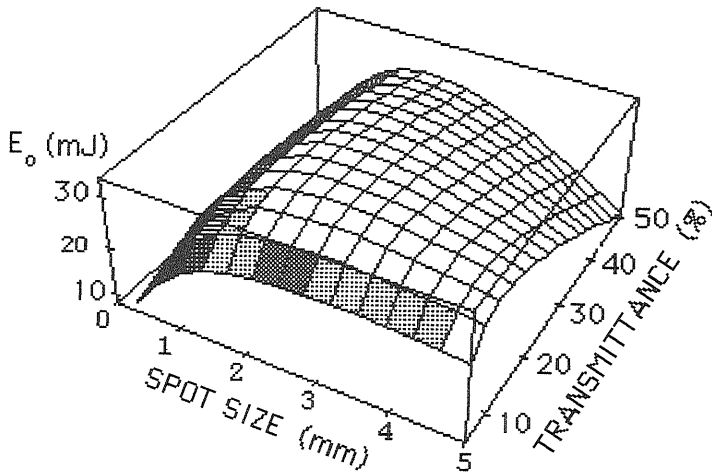


Fig.2 Calculated laser output energy as a function of spot size and transmittance.

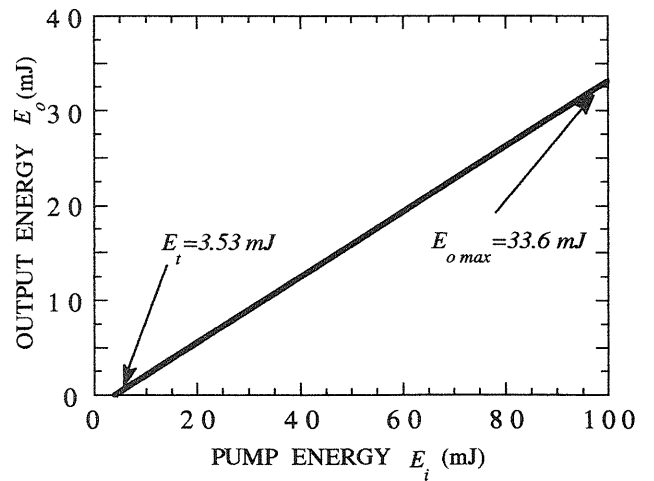


Fig.3 Calculated laser output energy as a function of input energy.

と仮定した。図よりスポット直径を1.5mm, 出力鏡反射率を80%としたときにレーザ出力が最大になることが分る。また, 出力エネルギーは反射率が上がるとスポット直径が小さい方に, また反射率が下がるとスポット直径が大きい方にシフトすることが分る。

図3に, 最適設計の時の入出力特性を示す。発振閾値は3.5mJ, スロープ効率36.3%で最大出力33.6mJが期待できることが分る。

4. 実験結果 まず, 予備実験として, Nd濃度1.2at.%, サイズ $2 \times 3 \times 28 \text{mm}^3$ のNd:YAG結晶に対して2方向からLDを近接励起する構成でレーザ発振実験を行った¹⁾。励起44mJ時に3.8mJと計算の約半分の出力しか得られなかった。これは, 結晶濃度が低く, また励起光強度分布が不均一になりモードマッチング効率が43%程度に低下していたためであった。また, 図4に励起LDとNd:YAGレーザの時間波形を示す。励起光に比べ, レーザ光の立ち上がりが70 μs 遅れていおり, 励起が不十分であったことが分る。

本実験では, 励起光強度分布の不均一性及びモードマッチング効率の改善のため, 結晶濃度を1.6at.%と高め, ロッドレンズでコ

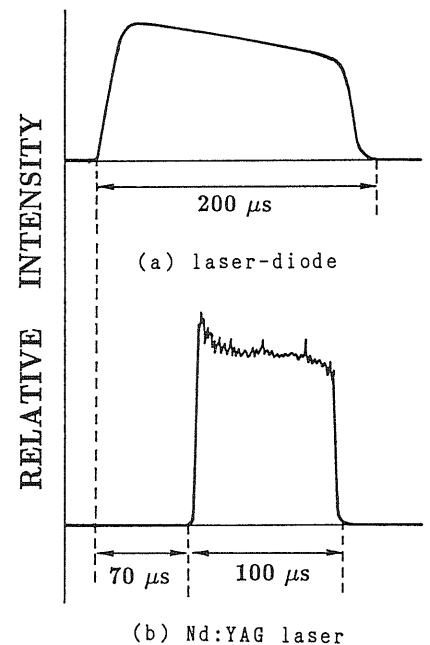
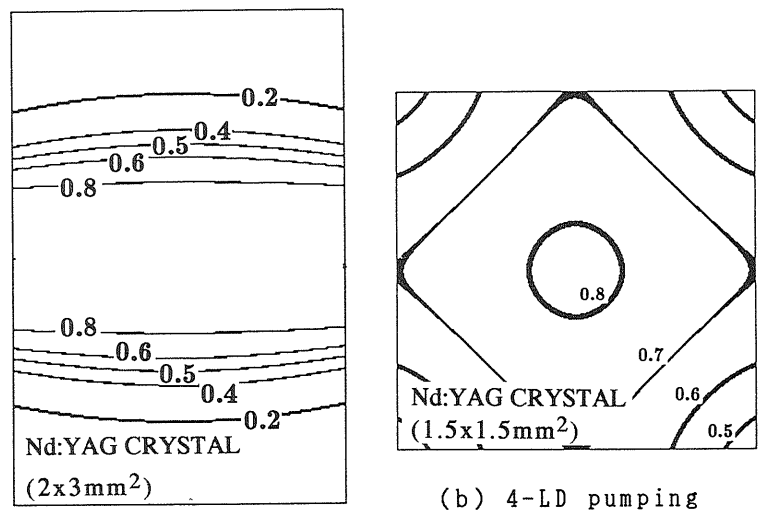


Fig.4 Pulse shapes of the LD and the Nd:YAG laser.

リメートした光で4方向から励起した。図5に2方向近接励起及び4方向励起の場合の結晶内励起光強度分布の比較を示す。図より4方向励起の場合には均一な励起が期待できることが分る。TEM₀₀のレーザ光を仮定した場合, 後者のモードマッチング効率は75%程度と, 側面励起としては高い値に成ることが分る。

5. まとめ 以上, 理論解析, 予備実験の結果を踏まえて, 小型, 高効率のNd:YAGレーザの設計と試作を行った。レーザレーダ用光源としては距離分解能の観点から, Qスイッチ動作が不可欠であり, これらの検討も含めて実験結果の詳細は講演



(a) 2-LD pumping

Fig.5 Comparison of relative pumping profiles in the Nd:YAG rod.

にて報告する。<文献> [1] 山本 他; 第14回レーザレーダシンポジウム予稿集, p9, 61-62 (1991).