

菊池昭¹, 中島正勝¹,

久保村浩之², 石井孝和², 井元拓², 亀山隆治², 細川哲夫², 初田洋司雄², 守部紀夫²

A.Kikuchi, M.Nakajima

H.Kubomura, T.Ishii, H.Imoto, R.Kameyama, T.Hosokawa, Y.Hatuda, N.Moribe,

¹宇宙開発事業団, ²日本電気株式会社

National Space Development Agency of Japan, NEC Corporation

Abstract

The design and experimental results are reported on all-solid state laser oscillator, which is a key component for an air-borne and a space-borne LIDAR. More than 100mJ of Q-switched output energy is achieved at the pulse repetition rates up to 50 pps, and the electrical efficiency is over 7%.

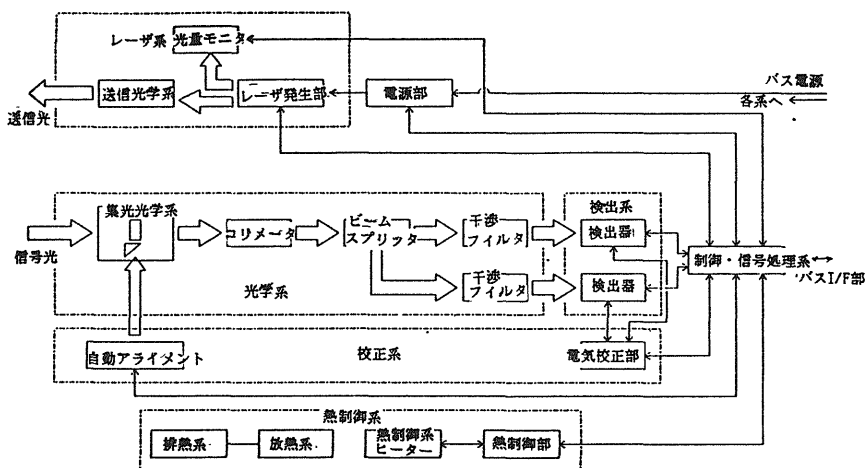
1. はじめに

全地球的規模の大気環境の観測・監視におけるレーザー・ライダー（以下ライダーとする）の役割は大きく、特にその機動性に大きな効力を有する衛星搭載ライダーおよび航空機搭載ライダーに対する期待は近年飛躍的に高まってきている。^{1) 2) 3) 4)} 今回、我々は衛星搭載用ライダーの前段階として航空機搭載用ライダーに関するシステム検討および航空機搭載ライダー用レーザーの試作を行ったので、その主な成果について報告する。

2. 航空機搭載ライダー

衛星搭載用ライダー開発のために必要な以下の項目の検討を行うことを目的とし、航空機搭載ライダーシステムの検討を実施した。①ライダーに関する大気データの取得と解析方法、②試作装置のハードウェア検討、③衛星への搭載性の検討。Fig.1に機能構成図、Table.1に主要性能の一覧を示す。

Table.1 Design value of the Air-borne LIDAR system.



項目	検討結果
レーザー系	レーザー波長 1,064/532nm レーザー出力 83mJ/pulse (1,064nm) 17mJ/pulse (532nm) 繰り返し周波数 50Hz ビーム拡がり角 0.5mrad以下
光学系	望遠鏡有効径 0.5m 視野角 0.5mrad 干渉フィルタ帯域幅 2nm
受光検出系	検出器 主波長(1,064nm)用: Si-APD 校正波長(532nm)用: Si-APD
制御・信号処理系	距離分解能 100m チャンネル数 2ch
運用	昼間/夜間

Fig.1 Block diagram of the Air-borne LIDAR system.

3. レーザ送信部

レーザ送信部は、レーザ発生部、送信光学系、光量モニタから構成され、衛星への搭載性を考慮し、以下の点を実現できる設計とした。①高効率、②高信頼性、③小型軽量、④耐宇宙環境性。これら基本方針をもとに、レーザ発生部は半導体レーザ（以下、LDとする）励起固体レーザとし、全固体化を図った。以下にその概要を記す。

- (1) レーザ媒質： 高品質、大口径の結晶が入手し易く、高効率・高出力動作の実績がある YAGをレーザ媒質として採用した。
- (2) 励起源： 所要電力が小さいこと、小型軽量であること、長寿命であること、振動・衝撃に耐え得ることを考慮し、LD励起方式としている。またレーザ媒質の励起の一様性を図るため、計16個のLD ($60\text{mJ/pulse} \times 200\mu\text{s}$) により、レーザ媒質側面8方向から励起する設計とした。
- (3) Qスイッチ素子及びQスイッチドライバ： Qスイッチ素子としては、 $\lambda/4$ 電圧が比較的低電圧に出来るLiNbO₃を用いた。Qスイッチドライバのスイッチングには、サイリスタ素子を用い全固体化を図った。
- (4) 共振器： 一般に発振繰り返し数が増すにつれて、1パルス当りのエネルギーは低下する。その原因の一つにレーザ媒質の熱歪があげられる。これを除去するために偏光結合方式を採用した。この方式により、レーザ媒質をはじめ各光学素子による偏光解消分を共振器ロスではなくレーザ出力として効率よく取り出すことができる。

Fig.2に共振器構成を示す。

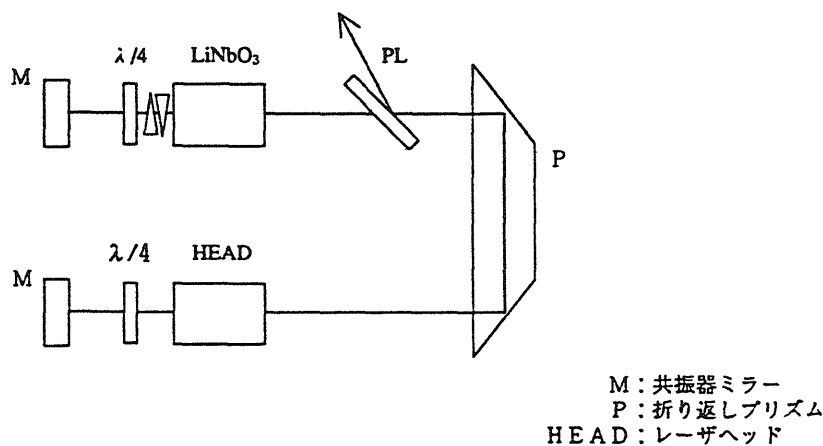


Fig.2 Schematic diagram of optical resonator.

結合は、下段 $\lambda/4$ 板の回転により連続的に調整でき、最適のカップリングをとれる。構造に関しては、振動・衝撃を考慮して極力小型化を図り、台形プリズムを用いた2階建構造とした。

(5) 冷却系 : 省電力を考慮して、レーザヘッドの冷却は液冷を行わず恒温化されたベースに取り付け、接触による熱伝導により冷却を行った。プレートは将来キャピラリーポンプで冷却される設計である。ロッドは熱負荷による温度勾配を極力抑えるために2本に分割している。

(6) 波長変換素子

: 変換効率を向上させるために、非線形定数が大きいこと、温度許容度、角度許容度が大きいこと、大出力化のためにダメージしきい値が大きいこと、良質の大型結晶が入手しやすいことを考慮して、波長変換素子にはKTPを採用した。

(7) レーザ送信部目標性能

: 出力は基本波+第2高調波にて100mJ以上、繰り返しは50Hz以下、ビーム拡がり角は0.5mrad以下、効率は7%以上としている。

4. 試作の結果

Fig.3に得られた入出力特性(Qスイッチ発振)を示す。発振いきい値 280mJ,スロープ効率 21.4%で、最大ポンピング時(960mJ×50Hz)にてQスイッチYAGレーザ出力 135mJが得られた。またFig.4にQスイッチ出力の繰り返し特性を示す。繰り返しを増しても平均レーザ出力がほぼ線形に増加し1パルス当りのエネルギーが低下しないのは、先に述べた偏光結合方式による効果が大いと思われる。

その他、詳細は講演に譲る。

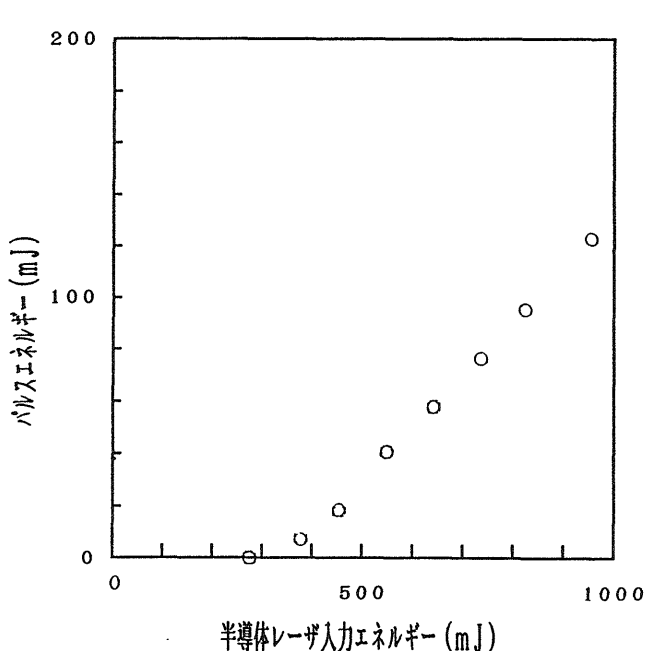


Fig.3 The dependence of output Q-switched YAG laser energy on input diode laser energy.

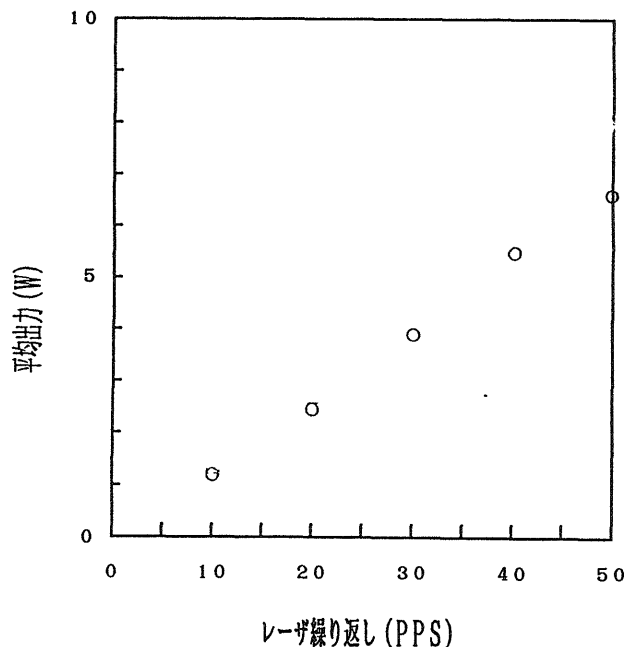


Fig.4 The dependence of averaged YAG laser power on pulse repetition frequency.

5. 謝辞

本開発は、宇宙開発事業団委託業務「航空機搭載用レーザ・レーダの試作試験」に基づき実施した。ここに感謝の意を表する。

6. 引用文献

- 1) 内野：レーザ研究 17,258(1989)
- 2) 小林：電子情報通信学会 73,593(1990)
- 3) 板部：光学 18,68(1989)
- 4) 浅井：レーザ研究 17,292(1989)