

G 4 LD励起YAGレーザを光源とする携帯型ライダー A Portable Lidar Using a Diode-Pumped YAG Laser

竹内 延夫*、奥村 浩*、杉田 匡*、松本 洋典*、山口 哲**
N. Takeuchi*, H. Okumura*, T. Sugita*, H. Matsumoto* and S. Yamaguchi**

*千葉大学映像隔測研究センター

**Remote Sensing and Image Research Center, Chiba University*

**新日本製鐵(株)エレクトロニクス研究所

***Electronics Research Laboratory, Nippon Steel Corporation*

Abstract : A new portable Mie lidar system was developed. This system was constructed by solid-state components, a diode-pumped YAG laser as a light source and a Si-APD as a detector, and a high speed signal processing unit. In this paper, we describe the summary of this system. The results of SN ratio estimation are also shown.

1. はじめに

ミー散乱ライダーは、大気汚染、成層圏や境界層付近でのエアロゾル分布、排煙拡散、視程の観測や、大気構造や雲の研究を行う目的で開発され、利用されてきた。しかしながら、従来のライダーシステムは扱いが難しく、また可搬性に乏しいため、広く利用されるには至っていなかった。筆者はこれまで可搬性に優れた擬似ランダム変調CWライダーシステムの開発を行ってきたが¹⁾、このシステムでは、計測可能距離に限界があるなどの問題点があった。そこで、光源としてLD励起YAGレーザを、受光素子としてSi-APDを用いた全固体素子化携帯型ミー散乱ライダーの開発を行った。ここでは、本システムの概要を報告する。また、本システムの仕様に基づくSN比の推定結果についても併せて報告する。

2. システムの概要

本システムの概要をFig.1に、外観をFig.2にそれぞれ示す。励起に用いる半導体レーザ(LD)は、連続発振(1.5A)で930mW、光源に用いるNd:YAGレーザは、連続発振で250mW、AO変調器によるパルス発振(1kHz)で平均70mWの出力パワーがある。システム運用時のパルス幅は25nsであった。また、YAGレーザからの出力ビーム拡がりは10mradであるが、20倍のビームエキスパンダを用いて0.5mradに絞った。なお、出力ビーム(25mm ϕ)の方向は、2枚のウェッジプリズムを組み合わせて作った方向調整器を用いて調整できるようになっている。

散乱光(背景光を含む)は、直径20cmの光学望遠鏡により、口径が0.5mm ϕ のSi-APD(この口径により受光系の視野が決定される)の受光面に集光される。このAPDは、300倍の増倍率を有する。APDにより光電変換された検出信号はさらに、増幅器により約100倍に増幅される。検出信号は、特別設計の積算装置内で、8ビット高速度AD変換器(最高繰り返し周波数:30MHz)によりAD変換され、積算が行われる。積算された検出信号は、パラレルインターフェースバスを通じてパーソナルコンピュータへ転送される。この信号処理部の詳細は他の報告²⁾で述べる。なお、本システムの仕様は、Table 1に示す通りである。

3. 使用したYAGレーザの性能

LD励起YAGレーザシステムは、直径5cm、長さ15cmの円筒形の筐体に納められている。パルス動作には、AO変調器を用いた。レーザ出力パワーは、パルス繰り返し周波数が200Hz以上の時に測定可能となる。平均パルス出力パワーは、繰り返し周波数が高くなるに従って増加し、最終的に250mWに達する。各々のパルスのエネルギーは、繰り返し周波数が高くなるに従って減少する。ライダーのSN比は、各々のパルスのエネルギーと積算回数の平方根との積に影響を受ける。このレーザを用いた場合のライダーの効率(ここでは、各々のパルスのエネルギーと積算回数の平方根との積と定義する)を、Fig.3に示す。

4. システムの特徴

4.1 高速信号処理ユニット

本システムで最も重要な部分である。本ユニットは、パーソナルコンピュータからのコマンドにより制御できるようになっている。他の報告²⁾では、本ユニットのブロック図や性能評価の結果、実際に行った処理結果が述べられている。

4.2 Si-APD検出素子

本システムのもう一つの特徴は、受光素子として固体素子であるSi-APD(浜松ホトニクス社製C4777)を用いている点である。このAPDは、増幅器と共にコンパクトなケースに納められている。バンド幅は、本システムに合うように10MHzに調整されている。本ユニットは、光学望遠鏡の背後の接眼部に直接取り付けられている。

5. システムのSN比推定

本システムの仕様に基づいて、SN比の推定を行った。SN比は

$$\frac{S}{N} = \frac{\sqrt{N} \cdot I_S(R)}{\sqrt{i_S(R)^2 + i_B^2 + i_D^2 + i_{nA}^2 + i_{fn}^2}} \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 N は積算回数、 $I_S(R)$ は距離 R からの信号による電流、 $i_S(R)$ は $I_S(R)$ によるショット雑音、 i_B は背景光電流によるショット雑音、 i_D はAPDの暗電流によるショット雑音、 i_{nA} は増幅器による雑音、 i_{fn} は増幅器内の帰還抵抗による熱雑音をそれぞれ表す。(1)式を見ると、ライダーのSN比は積算回数の平方根に比例することがわかる。Fig.4に、昼間測定と夜間測定を想定した本システムのSN比の推定結果を示す。ここでは、各々のパルスのエネルギーを70 μ J、繰り返し周波数を1kHz、視程を10km、積算時間を1秒とそれぞれ仮定した。また、その他の条件はTable 1に従うものと仮定した。

6. まとめ

光源としてLD励起YAGレーザを、受光素子としてSi-APDを用いた全固体素子化携帯型ミー散乱ライダーの開発を行い、SN比の推定を行った。本システムを用いることにより、容易にライダーによる観測が行えるようになる。

なお、本システムに用いたSi-APD(C4777)は浜松ホトニクス(株)からご提供いただいたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) N.Takeuchi, H.Baba, K.Sakurai, T.Ueno: Diode laser random modulation cw lidar. Appl. Opt., 25-1, pp.63-67 (1986).
- 2) S.Yamaguchi, H.Imai: Efficient Nd:YAG laser end-pumped by a 1cm aperture laser-diode bar with a GRIN lens array coupling, IEEE J. Quantum Electron., in print.
- 3)奥村, 杉田, 松本, 竹内, 桑島:LD励起YAGライダーにおける信号処理システム, 第15回レーザーセンシングシンポジウム予稿集 (1992)

Table 1 Specification of the developed lidar system.

<p><u>Laser</u> :</p> <p>Diode-pumped YAG laser</p> <p>Pulse power 70 mW</p> <p>Pulse width 25 ns</p> <p>Repetition 1 kHz</p> <p><u>Telescope</u> :</p> <p>Cassegrain-type</p> <p>Aperture 20 cm</p> <p>Focal length 2 m</p> <p><u>Detector</u> :</p> <p>Si-APD 0.5 mmϕ</p> <p>Sensitivity 5 A/W (with Amplifier)</p> <p>Band width 10 MHz</p>	<p><u>Signal Processing</u> :</p> <p>Continuous sampling</p> <p>Data length 2048 channels</p> <p>Data size 8 bits</p> <p>Sampling time 50 ns</p> <p>Averaging up to 32 bits</p> <p><u>Control System</u> :</p> <p>Portable personal computer</p>
--	--

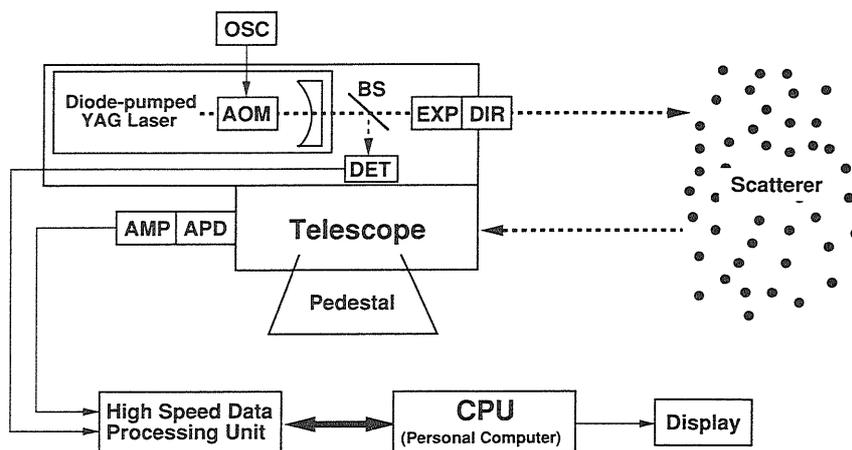


Fig. 1 Schematic diagram of the system.

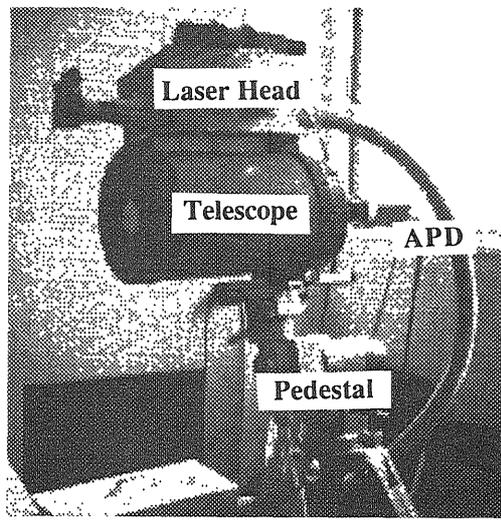


Fig.2 Portable diode-pumped YAG lidar system

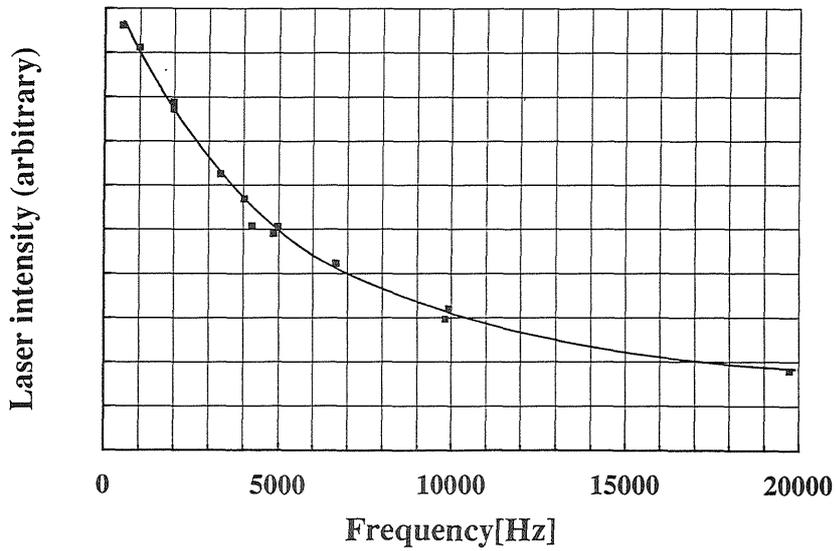


Fig. 3 Laser intensity of a diode-pumped YAG laser used in the system
(The laser power at 1 kHz repetition frequency corresponds to $70 \mu\text{J}$)

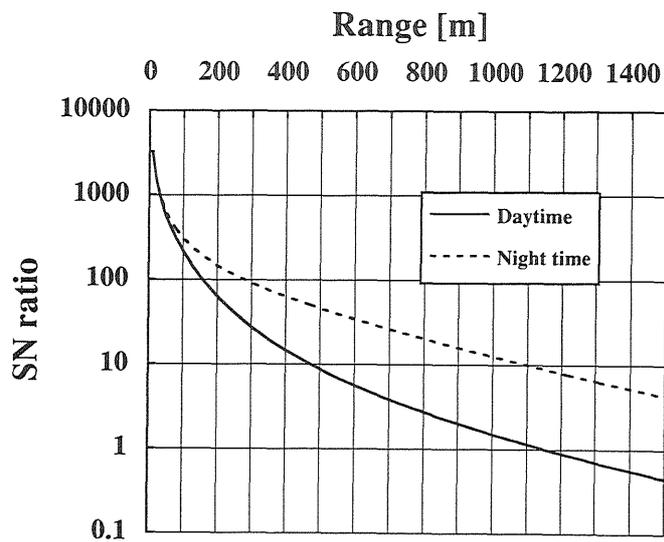


Fig.4 SN estimation of the system.
(Visibility : 10 km, accumulation time : 1 sec)